ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

DIRECTOR: EMILIO REBUELTO



DICIEMBRE 1946 — ENTREGA VI — TOMO CXLII

SUMARIO

BUENOS AIRES
CALLE SANTA FE 1145

—

1946

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

ADVERTENCIA. — Los colaboradores de los Anales son personalmente responsables de la tesis sustentada en sus escritos. Tienen derecho a la corrección de dos pruebas. Los que deseen tirada aparte de 50 ejemplares de sus artículos, deben solicitarla por escrito. Artº 10 del Reglamento de los "ANALES" (modificado por la J. D. en su sesión de fecha 4 de septiembre 1941). Los escritos originales destinados a la Dirección de los "Anales", serán remitidos a la Administración de la Sociedad, calle Santa Fe 1145, a los efectos de registrar la fecha de entrega para luego enviarlos al señor Director. La Sociedad no tomará en consideración las observaciones de los autores que se refieran a cualquier anormalidad, si no se ha cumplido con el requisito indicado.

Impreso en los Talleres Gráficos "TOMAS PALUMBO" - La Madrid 311-325 - Buenos Aires

PIEDRAS CON SURCOS PARA UTENSILIOS DE HUESO (MENDOZA)

POR

CARLOS RUSCONI

I

Entre las piezas líticas muy escasas observadas por mí en yacimientos arqueológicos de las provincias de Mendoza y San Juan son, entre otras, las curiosas piedras con 2, 4 ó más surcos casi paralelos, de mayor ancho en el centro que en los extremos y de superficie pulida debido al intenso frote a que han sido sometidas por el indígena.

Con respecto a estas piezas arqueológicas, conozco poca literatura en el país, pero la hay procedente de otros centros culturales de la América central y del norte.

Las piezas existentes en el dep. de Arqueología del Museo de Historia Natural de Mendoza muestran características afines entre sí, revelando que han sido utilizadas para una misma finalidad, esto es, para alizar y aguzar huesos largos de mamíferos y aves. Los instrumentos muy variados que se obtenían mediante este sistema de frote han sido, entre otros, las agujas para telares, agujas para la punctución (tatuaje), alisado y agusamiento de las puntas de flechas de hueso, etc. Tanto estos utensilios como otros muy diversos han sido hallados con relativa frecuencia en enterratorios y yacimientos arqueológicos de distintas localidades del país, especialmente del noroeste argentino y sobre los cuales se han ocupado Ameghino (1), Ambrosetti, Boman, Outes, Torres, Serrano, Rusconi (2), los hermanos Wagner en su importante obra de 1934 (3), etc.

(1) Florentino Ameghino, « La antigüedad del hombre en el Plata », vol. I, p. 607, lám. XVI, París-Bs. As., 1880.

(2) Carlos Rusconi, « Instrumentos óseos trabajados por indígenas prehispánicos de Santiago del Estero », en *Rev. Soc. Amigos de la Arqueología*, vol. VII, pp. 5-26, Montevideo, 1933.

(3) E. R. y D. Wagner, « La civilización chaco-santiagueña », Bs. As., 1934.

Por el contrario, en Mendoza, la industria osteolítica se reduce generalmente a instrumentos agudos destinados a la confección del tejido, como son los descubiertos reiteradamente en el sector de las lagunas extinguidas de Huanacache, etc. y de otros departamentos norteños de la misma provincia.

De cualquier modo, el hecho es que tales piedras con surcos se han encontrado también en San Juan y Mendoza y por consiguiente, permite suponer la existencia de familias que debieron conocer la técnica de la fabricación de puntas de flechas de hueso, mediante el desgaste producido por el frote sobre dichas piedras, no obstante la escasez de las puntas de flechas de hueso descubiertas en la provincia. En cambio, ese mismo instrumental destinado a la caza, la pezca y la guerra hecho en base a rocas diversas, es lo común y muy abundante en determinados centros arqueológicos de la provincia.

II

MENDOZA

Fig. 1: Piedra nº 1395 A. E. de 28 centímetros de largo por 20 de ancho provista en una de sus caras con 3 surcos de 20 centímetros de longitud y de 1 ½ de ancho. Están dispuesto casi paralela-

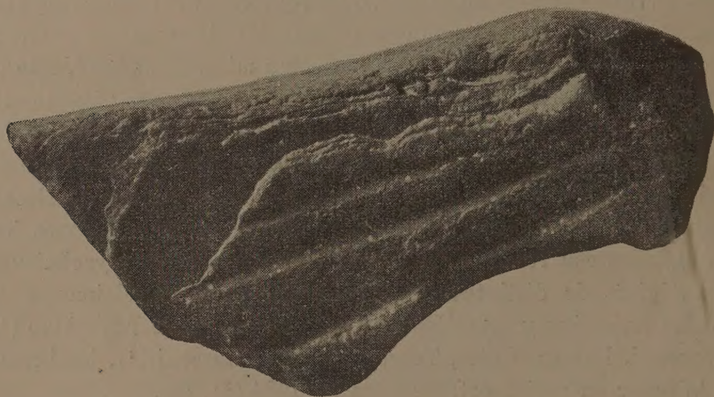


Fig. 1. — Piedra con 3 surcos, n 1395. Las Bóvedas, Uspallata.

mente y muestran una superficie lisa causada por el frote mecánico impreso con otro materia (hueso, etc.). En la cara opuesta se advierten 3 surcos similares pero levemente excavados.

Fué obtenida durante la excursión realizada por Las Bóvedas (Uspallata) en el viaje de Rusconi del 30 de marzo-abril 4 de 1939.

SAN JUAN

Fig. 2: Piedra nº 1401 A. E. trabajada en andesita, de 27 centímetros de longitud. Antiguamente ha sido un común molino de



Fig. 2. — Piedra con 7 surcos, nº 1401. Laguna el Tome.



Fig. 3. — Piedra con 3 surcos, nº 2497. Los Pedruscos, Teste de Barreal.

piedra puesto que conserva parte de la excavación resultante de la molienda. En la cara opuesta o basal se advierten 7 surcos más o

menos paralelos y cuyo ancho oscilan entre 10 y 13 mm. Todos se hallan bien pulidos por el frote. Fué obtenida por el geólogo del Museo Prof. M. Tellechea, de un paraje cercano a la laguna El Tome.

Fig. 3.: Piedra granítica nº 2497 A. E. de 38 centímetros de longitud. Ostenta 3 surcos poco profundos de unos 27 centímetros. Son también muy pulidos debido al frote. Ha sido recogida por Rusconi durante su viaje por Los Pedruzcos, a 7 kilómetros de Las Hornillas, Oeste de Barreal, excursión del 12-19 de enero de 1942.

SECCION CONFERENCIAS

PERSPECTÓGRAFOS

POR

V. RAUL CHRISTENSEN

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 27 de setiembre de 1946.

El problema de la simplificación del trazado de una perspectiva mediante dispositivos mecánicos o recursos de otra índole, puede decirse que ha sido encarado desde el momento en que empezaron a descubrirse las primeras leyes de la Perspectiva. Y nada de extraño tiene que tal cosa aconteciera, por cuanto la ejecución de una perspectiva es, en general, una tarea lenta y engorrosa. Varios son los factores que contribuyen a ello:

1º) La determinación del conjunto de líneas definitivas que constituyen una perspectiva, requiere el trazado de un sinnúmero de líneas auxiliares que sólo son provisorias, pues deben desaparecer una vez cumplida su misión.

2º) Tanto las líneas auxiliares como las definitivas en una perspectiva, siguen las más diversas direcciones y no, como es común en otros dibujos, direcciones tales que su trazado se simplifica enormemente por el empleo de una regla T y un par de escuadras. Raros son los casos también en que puede emplearse un compás, pues lo común es que la perspectiva de una circunferencia no sea otra circunferencia. El trazado de toda otra curva en una perspectiva debe hacerse siempre en base a la determinación de puntos.

3º) La existencia de puntos de fuga, hacia los cuales deben converger gran cantidad de rectas, origina molestias en el trazado de las mismas. Si dichos puntos de fuga caen dentro de los límites del tablero, siempre resulta práctico clavar alfileres que facilitan el trazado de las rectas concurrentes, pero tales alfileres colocados en el tablero resultan un impedimento para el libre empleo de las reglas y escuadras cuando se trata de trazar otras rectas, lo cual obliga a retirarlos constantemente. Si los puntos de fuga son inac-

cesibles, es decir, si están situados fuera de los límites del tablero, el empleo de una regla de convergencia es, evidentemente, la mejor solución, pero dichas reglas requieren dos alfileres o puntos fijos en el tablero, con los mismos inconvenientes ya señalados.

4º) Una característica propia de los dibujos en perspectiva cónica o proyección central, y que los diferencia fundamentalmente de los dibujos que corresponden a otros métodos basados en las proyecciones cilíndricas, es la « Escala ». En el método de Monge y en las perspectivas caballera y axonométrica, el asunto de la escala es cuestión que no trae aparejadas ninguna dificultad. El empleo de una regla graduada en una perspectiva cónica, en cambio, tiene sus limitaciones puesto que sólo en determinadas partes de dicha perspectiva, se conoce la escala. Tomar medidas en una perspectiva cónica exige, en general, el empleo de caminos indirectos.

Con todos los inconvenientes señalados, que hacen que la ejecución de una perspectiva resulte tarea lenta y engorrosa como dijimos, lógico y natural es entonces que siempre se haya tomado en consideración la posibilidad de obtener directamente el conjunto de líneas definitivas, sin recurrir a las líneas auxiliares. Tal el problema planteado, que muchos han resuelto en diversas formas; desde la simple determinación de puntos, a veces por procedimientos laboriosos, hasta el trazado directo y continuo de un conjunto tal de líneas, que si en muchos casos no son la totalidad, tienen sin embargo una importancia tan grande, que la terminación de la perspectiva no ofrece ya dificultad.

Al abarcar el panorama de la obra realizada hasta el presente, conviene clasificar en dos grupos los aparatos y dispositivos ideados. El primer grupo corresponde a aquellos que requieren la existencia material del objeto cuya perspectiva se desea, y el segundo a los que no exigen tal condición, pues disponiendo de la planta y elevación del objeto, o sólo de la planta, puede ejecutarse su perspectiva.

Voy a referirme en esta oportunidad, como cuestión primordial, a los aparatos mecánicos que constituyen el segundo grupo, ya que el motivo principal de esta disertación es justamente dar a conocer un aparato mecánico con el cual puede ejecutarse la perspectiva de un objeto, basándose exclusivamente en un dibujo que represente la planta del mismo.

No estará de más, sin embargo, que me refiera también a una serie de aparatos que han sido ideados, y que corresponden al pri-

mer grupo, los cuales podrían considerarse, hasta cierto punto, como los precursores de los aparatos mecánicos. El orden en que voy a referirme a ellos, responde, más que a las fechas en que fueron ideados, a las características de sus perfeccionamientos sucesivos, pues tal circunstancia pone en mayor evidencia el modo natural en que se puede pasar del primer grupo al segundo.

La cámara clara, de la que hay diversos modelos, y la cámara oscura y su definitivo perfeccionamiento, la fotografía, pertenecen al primer grupo, pues su empleo exige, como dije, la existencia material del objeto cuya perspectiva se desea, pero omito la consideración de tales aparatos puesto que ninguna relación tienen con los aparatos mecánicos.

Prescindiré asimismo de varios pequeños dispositivos que pueden clasificarse entre los del primer grupo, los cuales fueron ideados para facilitar la ejecución de las « perspectivas de observación », vale decir de las « copias del natural ».

Pasaré también por alto los que podrían llamarse, no ya aparatos, sino recursos o dispositivos para el trazado de las perspectivas, y que comprenden no sólo a los « perspectores » — simples papeles en los que se han impreso cuadrículas en perspectiva — sino también a las reglas de convergencia de diversos tipos, cuyo empleo simplemente facilita la ejecución de las perspectivas.

Es digno de notar que en la serie de aparatos a los cuales vamos a referirnos a continuación, se notan coincidencias. Varios inventores han ideado en diversas épocas aparatos basados en iguales principios y nada de extraño tiene que hayan coincidido en idéntica o muy parecida solución mecánica.

En el siglo XV aparecen las primeras ideas claras y precisas de lo que hoy en día se entiende por perspectiva cónica. Tal cosa ocurre debido a que los artistas descubren que la imagen que un objeto real produce en la retina puede también ser producida por una figura que llamamos « perspectiva cónica », del objeto, la cual resulta de seccionar con un plano, el haz de rayos visuales que se supone que del ojo del observador van hacia el objeto.

Fig. 1. — Leonardo de Vinci que vivió en la segunda mitad del siglo XV y principios del XVI, establece ese hecho claramente en su Tratado de la Pintura y se vale de un cristal para obtener la

sección plana mencionada, dibujando sobre el mismo lo que ve por transparencia, mantenimiento, como se comprende, en una posición fija el ojo con el cual observa el objeto o la escena.

No es, sin embargo, Leonardo, el primero en emplear el cristal. Es sabido, que en la primera mitad del siglo XV, artistas como Bramante, Pietro della Francesca y León Bautista Alberdi, empleaban un cristal o una gasa corrientemente.

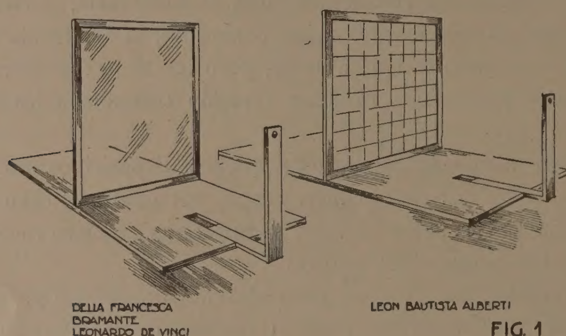


FIG. 1

Alberti, el más viejo de los nombrados, reivindica además para él, en su segundo libro sobre pintura, el mérito de ser el inventor del empleo de una gasa extendida en un marco en la cual forma mediante hilos una cuadrícula, reproducida sobre la tabla o pared en la cual se pinta.

Puede considerarse entonces como los dos primeros aparatos para ejecutar perspectivas, a un simple cristal o gasa con su soporte correspondiente y a una cuadrícula que subdivide el espacio del marco que la contiene.

A principios del siglo pasado, el señor Clinchamp, profesor de dibujo de Toulon inventa un aparato que denomina « hialógrafo » y que es un simple perfeccionamiento al método del cristal de Leonardo de Vinci. Dicho perfeccionamiento permite obtener varias copias de la perspectiva lineal de un objeto, y su importancia se debía a que en aquella época no existía aún el procedimiento fotográfico.

La mejora introducida por Clinchamp consistía en dibujar en una de las caras del cristal, en la misma forma en que lo hacía Leonardo de Vinci, la imagen de un objeto visto por transparencia. Para que fuera factible dibujar sobre el cristal, se aplicaba previamente sobre el mismo, una solución de goma arábiga disuelta en agua y se la dejaba secar. Una vez ejecutado el dibujo se procedía a copiarlo

al dorso valiéndose de una tinta preparada especialmente, la cual una vez seca permitía obtener varias copias, aplicando sobre el cristal hojas de papel humedecido.



Fig. 2.

Fig. 2. — Alberto Durero, célebre pintor alemán, contemporáneo de Bramante y de Leonardo, dejó cuatro interesanttes grabados relacionados con este tipo de aparatos. El primero, representa el cristal descripto por Leonardo de Vinci. La inmovilidad del punto de vista se obtiene al estar obligado el dibujante a mirar a través de un pequeño agujero, el cual puede fijarse en posición conveniente mediante un sencillo dispositivo.



Fig. 3.

Fig. 3. — En el segundo grabado puede observarse el marco, soporte de la cuadrícula, y la reproducción de la misma sobre el tablero en el cual se ejecuta el dibujo. La figura corresponde exactamente a la descripción del aparato ideado por León Bautista Alberti.

Fig. 4. — El tercer grabado representa una variante en el empleo del cristal. El punto de vista está tan distante, en este caso, que el observador no podría dibujar sobre el cristal. Una pequeña regla que lleva dos piezas en ángulo, perforadas, y en conexión con una



Fig. 4.

cuerda atada a un punto fijo en el muro de la derecha, asegura a las visuales que pasan por ambas perforaciones, direcciones connientes, es decir, como si partieran del punto fijo del muro, el cual materializa al punto de vista.



Fig. 5.

Fig. 5. — En el cuarto grabado se ve la visual materializada por un hilo. Fácil es imaginar el proceso lento y poco práctico que significa la determinación de la perspectiva de cada punto. Para que el hilo ocupe la posición tensa que como visual le corresponde, es

preciso retirar el cuadro, haciéndolo girar sobre sus goznes. A fin de poder fijar luego sobre dicho cuadro la perspectiva de cada punto, o sea, la intersección de la visual materializada por el hilo con el plano que ocupaba el cuadro, el personaje que figura en el grabado parece estar midiendo las distancias desde tal intersección a los costados del marco.

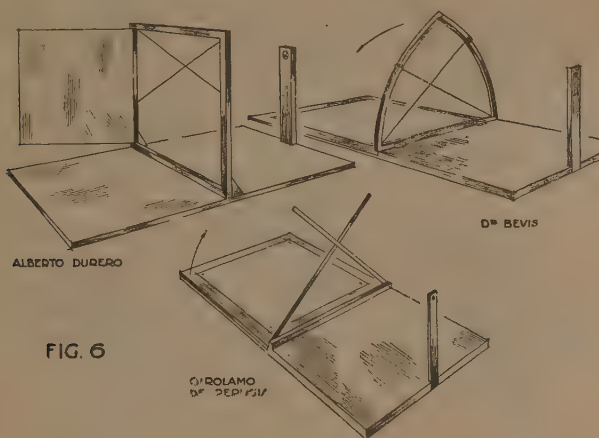


Fig. 6. — En la Perspectiva de Vignola, comentada por el Padre Ignacio Danti (año 1583), aparece un dibujo que representa el aparato de Durero y en él figuran dos hilos fijos a los vértices superiores del marco, mediante los cuales es posible mantener por cruzamiento de los mismos, con mayor facilidad, la posición de la intersección, hasta ser transferida al cuadro, tan pronto como sea retirado el hilo que materializa la visual, a fin de abatir el cuadro sobre el marco. Este dispositivo permite prescindir del hilo que materializa la visual, en cuyo caso el cruzamiento de los hilos se haría coincidir con la propia visual.

Análogo principio se emplea en un aparato atribuído al Dr. Bevis. En este caso, una vez obtenido el cruce de ambos hilos, en coincidencia con la visual que desde un ocular se dirije a cada punto del objeto, se abate sobre el tablero el dispositivo que tiene los hilos y se marca el punto de cruce sobre el papel en el cual se ejecuta la perspectiva.

Otro aparato similar es el de Girolamo de Perugia. Dos reglas de poco espesor pueden girar con cierta resistencia sobre dos articulaciones laterales, y por esa circunstancia quedan inmóviles en la

posición en que se las deja. Tales reglas reemplazan los hilos de los aparatos anteriores. La parte posterior del tablero unida mediante bisagras a la parte anterior permite levantarla y aplicarla sobre las reglas para marcar el punto determinado mediante la visual.

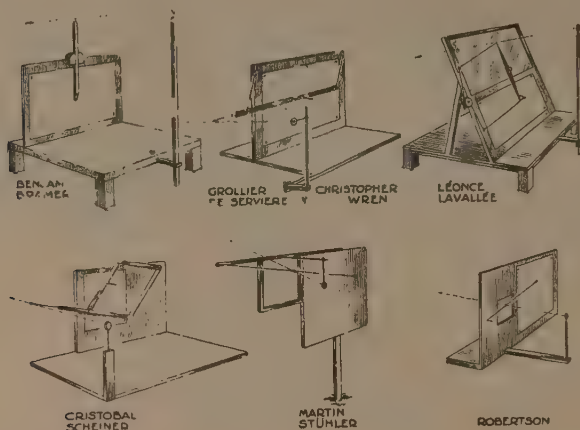


Fig. 7. — El método del cristal no sólo trae aparejada la dificultad de dibujar sobre el mismo, sino que luego de ejecutado el dibujo, debe ser transportado a un papel. Con el propósito de subsanar tal inconveniente, Bramer, Grollier de Serviere, Christopher Wren y Lavallée han ideado otros aparatos. El haz de visuales no pasa a través de un cristal ahora, sino a un costado del tablero que lleva el papel.

Cada uno de estos aparatos tiene un dispositivo que asegura a una regla un desplazamiento lateral, y hacia arriba y hacia abajo, de modo que en todo momento mantiene su paralelismo. Un extremo de tal regla sirve de referencia para acompañar la visual que desde el ocular se dirige a los distintos puntos del objeto, y un lápiz situado en la misma regla ejecuta idéntico movimiento mientras va dejando su trazo sobre el papel.

Guardando alguna semejanza con respecto a estos tres últimos aparatos, por el hecho de que las visuales pasan a un costado del tablero en el cual se dibuja la perspectiva, están los aparatos ideados por Scheiner, Stühler y Robertson. Se diferencian sin embargo de aquellos por la circunstancia de que la perspectiva obtenida,

resulta de distinto tamaño que la que corresponde al seccionar el haz de visuales por la prolongación del plano del tablero. En el aparato de Scheiner se emplean un pantógrafo, y por ende la perspectiva resulta menor. En los aparatos de Stühler y Robertson se emplean gomas elásticas y las perspectivas resultan ampliadas.

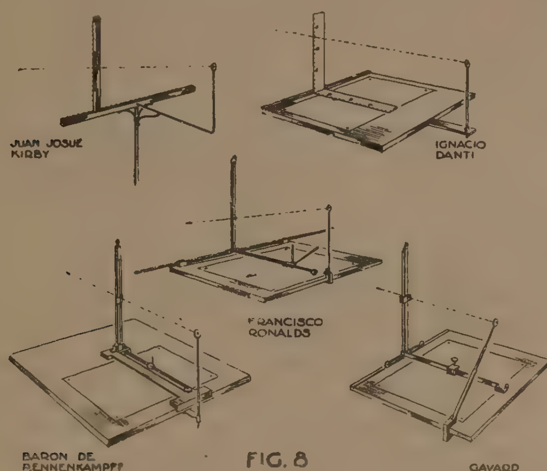


FIG. 8

FIG. 8. — El método de la cuadrícula ideado y descripto por León Bautista Alberti, ha sido indudablemente la idea base de otro aparato compuesto de dos reglas graduadas, perpendiculares entre sí, una de ellas horizontal que se mantiene fija, y la otra vertical que se puede trasladar lateralmente. El aparato dispone de un ocular fijo a la regla horizontal, por donde se observa el objeto cuya perspectiva se desea. Fijando la regla vertical en las posiciones que corresponden a la graduación de la regla horizontal es posible ir dibujando en base a una cuadrícula previamente trazada en un papel la perspectiva del objeto. Se atribuye este aparato a Juan Josué Kirby (1716-1774), pero es del caso suponer que ha habido coincidencia de ideas, pues tal aparato ya figura en el libro de Perspectiva de Vignola, comentado por Ignacio Danti (año 1583).

Describe Danti, en el libro citado, un aparato construído por él en Florencia. Consiste dicho aparato en un par de reglas igualmente graduadas y unidas entre sí a escuadra. El ancho de las mismas es suficiente como para asegurarles buena estabilidad cuando estando una de ellas apoyada en el papel de dibujo, la otra se mantiene en posición vertical.

Esa especie de escuadra formada por ambas reglas puede desplazarse a derecha e izquierda guiada por una tercer regla fija al tablero. El aparato, provisto de un ocular permite dirigir visuales hacia un objeto. Moviendo la escuadra lateralmente hasta que la visual pase rasante por el costado graduado de la regla vertical, el observador repara en el número de la graduación y marca el punto sobre el papel, en correspondencia con el mismo número de la regla horizontal.

Este aparato tiene semejanza con el aparato de Kirby anteriormente citado, pues la regla graduada vertical trabaja en igualdad de condiciones y la regla graduada horizontal evita la cuadrícula sobre el papel, o mejor, la reemplaza.

La concepción de este aparato es, para nuestro caso, muy interesante, pues puede decirse que es la base de una serie de aparatos mecánicos que le siguen. Basta observar la posición que ocupan los puntos de igual numeración en ambas reglas, para que de inmediato se descubra la posibilidad de que un cursor colocado en la regla vertical gobierne mecánicamente a otro cursor colocado sobre la regla horizontal, pudiendo este último llevar un lápiz que dibuje directamente sobre el papel.

Tal solución debe ser posiblemente, la adoptada en el año 1600 por Ludovico Cardi, llamado « il Cigoli » ; y más adelante Rennenkampff, Ronald, Gavard y otros, construyeron aparatos más perfectos pero basados en el mismo principio.

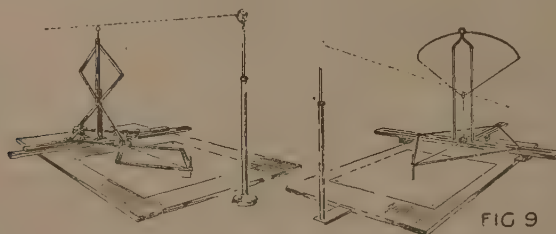


Fig. 9. — Dos aparatos más, que según parece, fueron ideados por Eckhardt y Hirst, emplean como los de Rennenkampf, Ronalds y Gavard, la misma idea de Ludovico Cardi. Las diferencias que hay entre ellos son simplemente de índole mecánica. Cada uno de estos aparatos dispone de un ocular desde el cual se dirigen las visuales a los distintos puntos del objeto. En todos ellos, el lápiz puede dibujar por trazo continuo las líneas que forman las aristas y los

contornos aparentes de los objetos. Todos esos aparatos se manejan dirigiendo su movimiento directamente desde el lápiz o desde el cursor que lleva el lápiz.

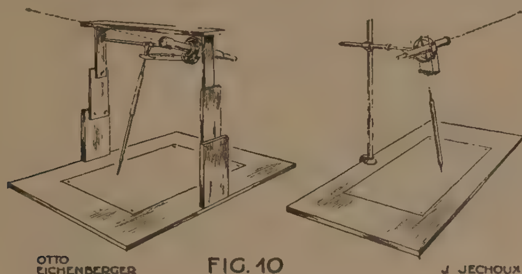


Fig. 10. — De la idea de Ludovico Cardi se saca todavía mayor partido, como se verá de inmediato; pero, para terminar con las aparatos que corresponden al primer grupo, es decir, los que requieren la presencia del objeto real para ejecutar la perspectiva, citaré los de Eichenberger y de Jechoux, los cuales emplean anteojos con retículo logrando así mayor precisión en el resultado.

Todos los aparatos citados hasta ahora fueron empleados en su tiempo para obtener las perspectivas de simples cuerpos, de paisajes u otras vistas, y también, los más perfeccionados, en la reproducción de los cuadros de los museos.

Fig. 11. — Paso ahora a considerar los aparatos que corresponden al segundo grupo, es decir, la de aquellos para los cuales no hace falta disponer de los objetos reales, pues mediante la planta de los mismos, a escala, puede obtenerse la perspectiva del objeto imaginado.

El aparato ideado por Boucher, responde también a la idea de Ludovico Cardi y es, en rigor, idéntico a los otros ya citados. La sola diferencia estriba en que Boucher reemplaza el objeto por un dispositivo construído por una regla vertical que hace posible establecer a la altura que se desee y sobre una vertical imaginada sobre cualquier lugar de la planta, un punto real hacia el cual puede dirigirse una visual y obtener su perspectiva.

El empleo de este aparato permite determinar cuantos puntos se desee aun cuando no es posible la determinación de líneas por trazo continuo, excepto las verticales. Los otros aparatos que se describen de inmediato salvan esta limitación.

El aparato inventado por Fevret de St. Memin dispone de dos puntos de vista por donde pasan dos reglas extensibles que mantienen un constante paralelismo en todos sus movimientos. Dichas reglas materializan las visuales por duplicado. Una de ellas está en relación con una columna que manteniendo su verticalidad puede

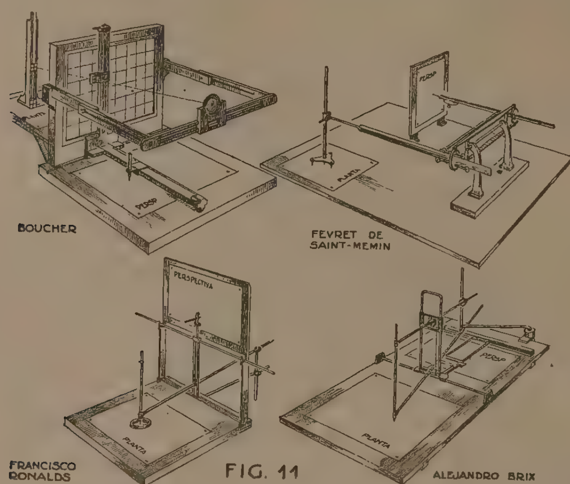


FIG. 11

ocupar la posición de cualquier punto de la planta que se halla sobre el tablero. La otra regla tiene en su extremo un lápiz que dibuja directamente la perspectiva sobre un papel colocado en un tablero vertical.

Ronalds inventa en 1828 otro aparato mucho más simple y que realiza, sin embargo, idéntico trabajo. La semejanza de este aparato de Ronalds con otro que construí hace unos diez años y que lo uso para ejecutar ante los alumnos, la perspectiva de un modelo de casita, es realmente sorprendente. De tal hecho me enteré el año 1940 cuando recibí una copia fotográfica del aparato de Ronalds que me fué enviada por el superintendente del Observatorio de Kew, en Inglaterra. La idea que tuve al construir el aparato que después comprobé que, salvo algunos detalles de construcción, era idéntico al de Ronalds, fué la de reemplazar la experiencia individual que significa el empleo del cristal de Leonardo de Vinci, por la experiencia colectiva ante los alumnos, cuando se trata de poner en evidencia lo que es una perspectiva.

Alejandro Brix, patenta en Inglaterra, Alemania y Norte América un aparato cuya base es nuevamente la idea de Ludovico Cardi, en el que también, como en el de Ronalds, se ha reemplazado la visual por una varilla metálica.

Estos cuatro aparatos tienen el grave inconveniente, además de inutilizar los tableros en los cuales están colocados, de tener excesiva altura.

Alejandro Brix había patentado, sin embargo, con anterioridad al que acabamos de citar, otro aparato que veremos más adelante y cuya ventaja era justamente la de su escasa altura, pero tal vez su complicación mecánica lo indujo a pensar en el poco valor comercial que podría tener.

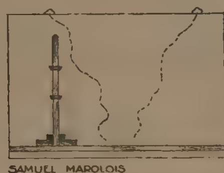


FIG. 12

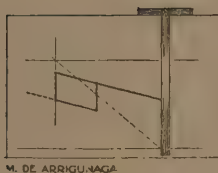




Fig. 12. — Se han empleado también dispositivos que incluían reglas T, varillas articuladas e hilos, mediante los cuales se pueden obtener cuantos puntos se desee de una perspectiva. Entre ellos puede citarse a Marolois, Arrigunaga y Launay.

Tales dispositivos no pueden, en rigor, ser considerados como aparatos mecánicos, de modo que me concreto simplemente a citarlos sin entrar a considerar el funcionamiento o empleo de los mismos.

Fig. 13. — Los perspectógrafos de Meyer y de Young se caracterizan como todos los anteriores por su exceso de altura, lo cual puede considerarse como grave desventaja.

El estorbo que la sola presencia de todos estos aparatos significa, no parece estar compensado por la utilidad que pueden prestar en la ejecución de una perspectiva.

Así lo han comprendido otros y han buscado la solución en aparatos cuya altura es reducida, como es el caso de los pantógrafos, planímetros, etc.

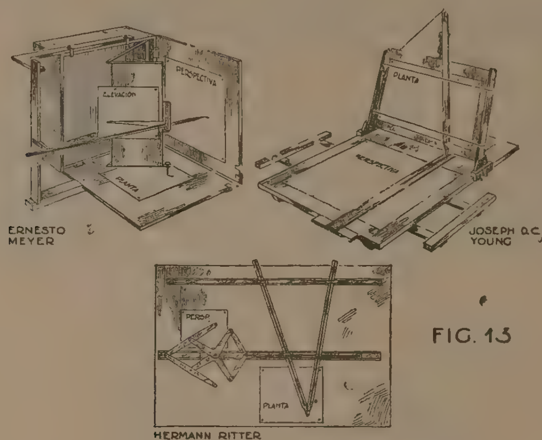


FIG. 13

Entre estos perspectógrafos, que llamaremos « aparatos chatos », citaremos en primer lugar el de Ritter, mediante el cual es posible ejecutar la perspectiva de una planta, por trazo continuo. Aun cuando sencilla, pasaré por alto la teoría en que se basa el funcionamiento del perspectrógrafo de Ritter como asimismo la de los aparatos que citamos a continuación.

Fig. 14. — Guido Hauck, profesor de la Escuela Superior Técnica de Berlín-Charlottenburg inventó un perspectrógrafo cuya concepción responde a un teorema del cual es autor.

E. Brauer, profesor de la Escuela Superior Técnica de Darmstadt modifica el modelo de Hauck. El mismo Brauer posteriormente inventa otro aparato.

El ingeniero Pietro Fiorini patenta en Italia y otros países un aparato que exhibe por primera vez en la Exposición de Arquitectura de Torino en 1890, y se le adjudica la medalla de oro.

Me permito llamar la atención sobre estos cuatro aparatos, no sólo por la personalidad de sus autores, sino por el hecho de que los tres primeros están mencionados en varios libros de origen alemán, y el último, el del ingeniero Fiorini, está citado en la Enciclopedia Espasa como uno de los perspectrógrafos más perfectos.

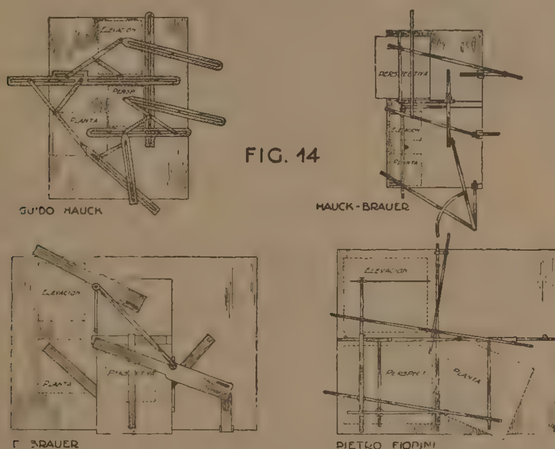
Haré notar sin embargo:

1º) Que los cuatro requieren la planta y la elevación del objeto.

2º) Que solamente proporcionan puntos de la perspectiva y no líneas continuas.

3º) Que tienen tantos puntos fijos al tablero que inutilizan a éste, es decir, que el tablero debe considerarse como parte integrante del perspectrógrafo. Y en dos de ellos, el de Hauck-Brauer y el de Brauer existen tableros superpuestos, lo que complica aun más el asunto.

4º) Que en los cuatro, el sitio destinado a la perspectiva está atravesado por reglas que estorban.



Es evidente que todos estos defectos constituyen una grave desventaja en estos aparatos.

Fig. 15. — Como ya dije, Alejandro Brix había patentado con anterioridad un perspectrógrafo de los que hemos denominado « aparatos chatos ». Tal perspectrógrafo está citado en el conocido libro de Perspectiva y Sombras de Pillet, pero la explicación que del mismo se da, está equivocada. Pillet ha creído erróneamente que el perspectógrafo de Brix funciona en forma similar al de Ritter.

Entre nosotros, el arquitecto Ermete De Lorenzi es el primero que se ocupó, en 1930, de la resolución mecánica del trazado de una perspectiva y ha hecho en revistas y libros interesantes publicaciones al respecto.

Posteriormente, en 1935, dí a conocer por intermedio de la Revista de Arquitectura, no sólo un nuevo perspectrógrafo, sino también varios ejemplos de perspectivas ejecutadas con un modelo armado con las piezas de un « Meccano ».

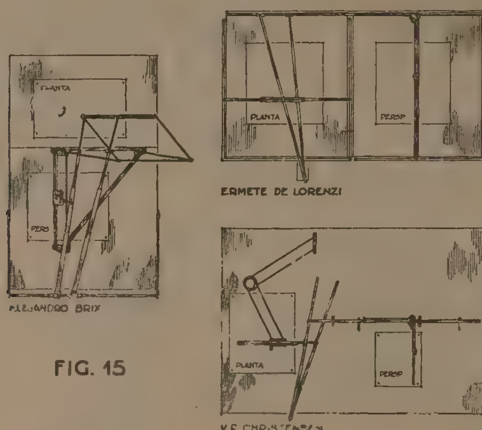


FIG. 15

Estos perspectógrafos se basan en idéntico principio que el de Brix y por ende tienen alguna analogía mecánica con el de él, circunstancia que sólo advertí cuando, dos años después, en 1937, recibí la copia de la patente del de Brix.

En esta exposición de carácter histórico-retrospectivo, he pasado en rápida revista, los distintos tipos de aparatos que han sido ideados por diversos autores guiados por el propósito de hallar una solución práctica al problema de la ejecución de una perspectiva, tratando de salvar mediante el procedimiento mecánico, todos los inconvenientes que la realización de la misma trae aparejados.

El objeto fundamental de esta disertación, como ya dije anteriormente, es dar a conocer y exponer las características principales de un nuevo perspectógrafo que he ideado.

Desde hace mucho tiempo sedujo a mi espíritu la idea de la posibilidad de hallar una solución satisfactoria al problema, y esto no ha de extrañar si se considera que hace ya algunos años que tengo el alto honor de ser profesor de Perspectiva de la Universidad Nacional de Buenos Aires, y sin duda el hecho de pensar constantemente en la materia ha dado por resultado que pueda presentar hoy un perspectógrafo que constituye una idea nueva y original.

FIG. 16. TEORÍA. — A fin de poder comprender el funcionamiento del perspectógrafo es conveniente tomar en consideración el fundamento teórico del mismo. La concepción del aparato y su construcción, responden al conocido método de la doble proyección de las visuales.

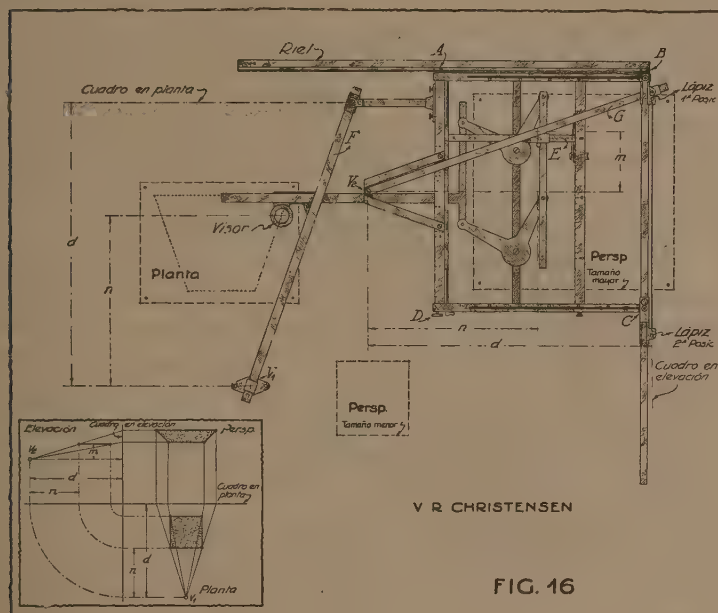


FIG. 16

En el ángulo inferior izquierdo de la figura 16 se ha representado en « planta » y « elevación », las proyecciones de un cuadrado cuyo plano es horizontal, y las proyecciones V_1 y V_2 del punto de vista. Está también representado el cuadro, en « planta » y « elevación ».

Para determinar la perspectiva del cuadrado, bastará dibujar en « planta » las proyecciones horizontales de las visuales correspondientes a los cuatro vértices, y en « elevación » las proyecciones verticales de esas mismas visuales. Unas líneas de referencia trazadas por los puntos donde las proyecciones de esas visuales cortan al cuadrado, definen la perspectiva del cuadrado.

DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PERSPECTÓGRAFO. — La parte básica del perspectógrafo está constituída por un marco rígido provisto de cuatro pequeñas ruedas A, B, C y D, formando así, en conjunto, una especie de carro móvil.

Dos de las mencionadas ruedas corren guiadas por el riel fijo al tablero, permitiendo solamente el traslado lateral del carro y evitando toda posibilidad de resbalamiento en otras direcciones.

En la figura que representa el perspectógrafo se ha señalado con la letra V_1 el elemento fijo al tablero, que materializa al punto de vista en « planta », y que sirve como eje vertical de rotación de la regla F que por allí pasa, permitiéndole moverse a derecha e izquierda, materializando así las disintas posiciones que corresponden a las visuales en « planta ». Esta regla arrastra al carro mediante una articulación que recorre una recta paralela al riel y que representa el cuadro en « planta ». La distancia del punto V_1 a dicho cuadro en « planta », o lo que es lo mismo, la distancia del ojo del observador o punto de vista al cuadro, está señalada con una « d ».

El punto V_2 del perspectógrafo materializa al punto de vista en « elevación » y es solidario del carro móvil, siendo un eje vertical de rotación para la regla G, la que gira entonces con centro en V_2, materializando esta vez a las visuales en « elevación » en sus distintas posiciones. Dicha regla arrastra un lápiz cuyo recorrido representa el cuadro en « elevación », siendo la distancia de V_2 a la recta recorrida por el lápiz, la misma distancia « d », del ojo del observador o punto de vista, al cuadro.

El visor del perspectógrafo es una pieza especial con la cual se sigue — en forma análoga a lo que se hace con un pantógrafo o un planímetro — las líneas que representan la proyección horizontal del objeto, cuya perspectiva se ejecuta. Tal proyección horizontal debe situarse dentro del trapecio señalado como « planta ».

Observemos que la proyección vertical del cuadrado considerado en la figura explicativa de la teoría, es un segmento de recta horizontal a una distancia « m » por arriba de la horizontal que pasa por V_2, que representa el « plano del horizonte ». Cualquier otra figura plana contenida en un plano horizontal también tendría como proyección vertical una recta horizontal.

En el perspectógrafo, la regla señalada con una E puede ser fijada en diferentes posiciones que representarían diferentes alturas « m » por arriba o debajo del plano del horizonte.

El desplazamiento de esta regla, paralelamente a sí misma, puede hacerse lentamente mediante un tornillo sin fin, o rápidamente por medio de un dispositivo que desconecta dicho tornillo sin fin.

Sobre la mencionada regla E se desliza una corredera que lleva

un pequeño cilindro en forma de émbolo que penetra en una ranura que tiene longitudinalmente por debajo la regla *G*, que gira con centro en V_2 y arrastra, como dijimos, al lápiz.

La recta que recorre el eje del pequeño cilindro mencionado, representa justamente la proyección vrtical de una figura plana contenida en un plano horizontal.

Ahora bien, para que el lápiz ocupe en todo momento una posición que represente la perspectiva de un punto, cuando el visor esté sobre la « planta » de dicho punto, y la altura a la cual se encuentre dicho punto sobre el plano del horizonte, haya sido fijada mediante la regla *E*, bastará que las distancias señaladas con una « n » en « planta » y « elevación », tanto en la figura explicative como en el perspectógrafo, sean iguales. Tal condición se cumple en todo momento en el perspectógrafo mediante el mecanismo de las dos piezas acodadas que, unidas por dos reglas, forman dos paralelogramos deformables, siendo la regla de la derecha la que obliga a deslizarse a lo largo de la regla *E*, a la corredera que lleva el pequeño cilindro.

Si se modifica la distancia « d », simultáneamente en « planta » y « elevación », resultará modificado el tamaño de la perspectiva resultante. Tal operación puede realizarse en el perspectógrafo, en el que se han señalado siete posiciones. Para los cuatro tamaños menores deberá emplearse el lápiz en la segunda posición, sobre la corredera adicional que se desliza a lo largo de la prolongación de la regla.

El visor del perspectógrafo, destinado a seguir en planta las líneas cuya perspectiva se desea, es de construcción especial y tiene características que lo destacan como una innovación en este tipo de dispositivo, aplicable también a otros instrumentos que, como los pantógrafos, planímetros, etc., exigen el seguimiento de una línea. No entramos a considerar detalles constructivos por cuanto ellos se incluyen en la memoria descriptiva de la patente de invención.

Observaciones. — El aparato que he ideado no será, indudablemente, el aparato ideal, pero creo, — sin que ello implique inmodestia de mi parte — que reúne algunas positivas ventajas, a saber:

1º Que se trata de un aparato manuable que al igual que otros instrumentos, puede guardarse en una caja, es decir, que el aparato no requiere estar instalado permanentemente sobre un tablero al cual inutilizaría por tal motivo.

2º Que para hacerlo funcionar, sólo se requiere fijar al tablero el punto de vista y un riel.

3º Que para ejecutar la perspectiva de un objeto, sólo se requiere la « planta » del mismo, pues los datos que se refieren a la « elevación », se establecen en base a una regla graduada que forma parte del aparato.

4º Que mediante el empleo de una sola « planta » pueden obtenerse perspectivas de cualquier tamaño, dentro de los límites máximo y mínimo.

5º Que el tamaño mayor de la perspectiva que con el aparato puede obtenerse es casi tan grande como el tamaño del carro movil del aparato.

6º Que el sitio destinado a la perspectiva queda totalmente despejado con sólo deslizar el aparato hacia la izquierda, a lo largo del riel, es decir, que no hay reglas ni otros elementos del aparato que impidan dibujar líneas adicionales o auxiliares, a mano levantada o con regla, durante la ejecución de la perspectiva.

En cuanto a las posibilidades del perspectógrafo, es decir, en lo que se refiere a su capacidad para dibujar, debo añadir que el aparato puede dar:

1º Por trazo continuo, la perspectiva de cualquier figura plana, formada por rectas o curvas, cuando el plano de dicha figura es horizontal.

2º También por trazo continuo, la perspectiva de toda recta vertical.

3º La perspectiva directa de cualquier punto.

Las líneas (rectas o curvas) que no están en planos horizontales no puede dibujarlas el aparato por trazo continuo, aun cuando pueden obtenerse de ellas, cuantos puntos se desee.

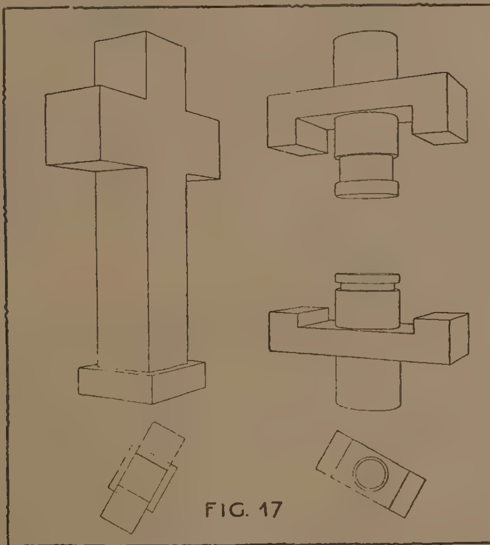
Si bien el aparato no puede realizar en su totalidad una perspectiva, salvo en casos especiales, la parte que con él se obtiene es de tan gran importancia que la terminación de la misma no ofrece más dificultad que la que puede ofrecer cualquier dibujo de ornato.

La realización mecánica del perspectógrafo que al final de esta disertación podrán examinar, constituía para mí un problema de difícil solución. En efecto, un mecánico profesional puesto a la tarea, hubiera necesitado una serie interminable de explicaciones sobre infinidad de detalles, que si bien parecen sencillos desde el punto

de vista teórico, encierran serias dificultades para su realización práctica. Debo confesar que no siendo la mecánica mi especialidad no hubiera podido en muchos casos encontrar soluciones realmente satisfactorias a problemas de índole constructiva.

Afortunadamente, un íntimo amigo mío, el señor Edmundo Homps — a quien me liga una amistad de 40 años — y que más que « dilettante » es un verdadero artista en la mecánica de precisión, tuvo la gentileza de brindarme toda su habilidad y entusiasmo para colaborar no sólo en la realización total del perspectógrafo, sino también contribuyendo con su ingenio para dar a toda la serie de problemas que su construcción ha significado, admirables soluciones mecánicas, que no solamente se destacan por su elegencia y simplicidad, sino que han permitido que el funcionamiento del perspectógrafo y el resultado que con él se obtiene, supere en mucho a lo que se esperaba del mismo.

Una serie de perspectivas ejecutadas con el aparato permiten formarse un acertado juicio sobre las posibilidades del mismo. A fin


FIG. 17

de poder reproducir los dibujos, han sido éstos pasados a tinta a mano levantada; en algunos casos en base a las líneas que directa-

mente ha dibujado el perspectógrafo y en otros, a los puntos que con el mismo se han determinado.

Fig. 17. — Las perspectivas de la cruz y de las piezas de máquina han sido ejecutadas en su totalidad por el aparato, empleando como único elemento, las « plantas » de ambos, que figuran en la parte inferior.

Las diversas elipses que representan las perspectivas de las circunferencias fueron obtenidas por trazo continuo con sólo recorrer con el visor del aparato, el necesario número de veces, las mismas circunferencias de la « planta ».

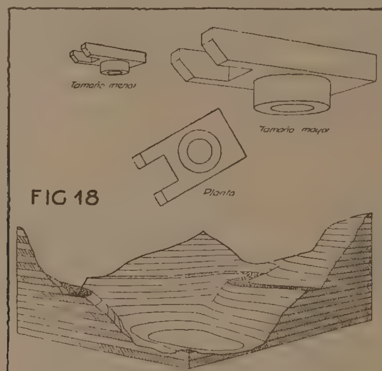
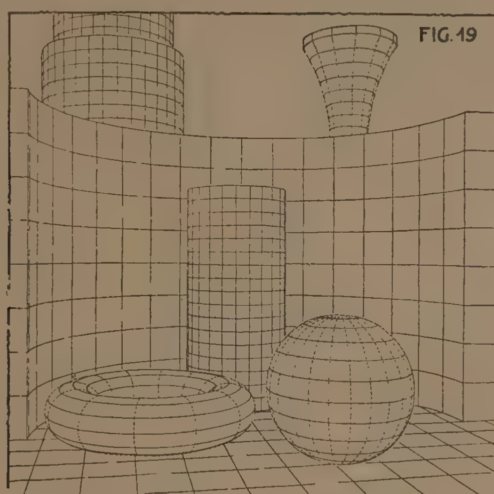


Fig. 18. — Dentro de los dos límites, tamaño mayor y menor, de la perspectiva de otra pieza de máquina, ejecutados en base a una misma « planta », el aparato puede, en igual forma, dibujar cualquier otro tamaño intermedio. Esas perspectivas han sido totalmente ejecutadas por el perspectógrafo.

Para la determinación de la perspectiva cónica de las curvas de nivel de una superficie topográfica es indiscutible la superioridad del empleo del perspectógrafo con respecto a cualquier otro método. Todas las curvas de nivel se obtienen por trazo continuo. El trazado a mano levantada de algunos contornos aparentes y de los perfiles que corresponden a secciones verticales completan el dibujo.

Fig. 19. — Una serie de líneas, rectas y curvas contenidas en diversas superficies, cilíndricas, esférica, tórica, etc., han sido obtenidas con toda facilidad. Las que aparecen como líneas llenas han sido dibujadas por trazo continuo. Están incluídas entre éstas, todas las rectas y circunferencias contenidas en planos horizontales;

y las verticales que corresponden a los cilindros de revolución y al semicilindro hueco.



Las líneas de trazos, no fueron dibujadas por el aparato, pero éste dió los puntos de intersección de las mismas con todas las otras, de modo que fué muy simple trazar aquéllas a mano levantada.

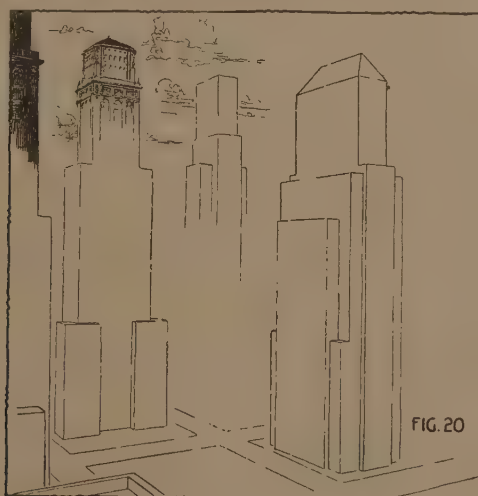


Fig. 20. — Las aristas verticales y horizontales que corresponden a las grandes masas de varios edificios han sido obtenidas directa-

mente por el perspectógrafo. De los segmentos de rectas en pendiente, el aparato sólo proporciona sus extremos.

Aun cuando pueden obtenerse muchos otros elementos de detalle que servirían para la terminación de la perspectiva, se han omitido éstos y se procedió directamente a dibujar en forma de croquis y a mano levantada, una parte de uno de los edificios.

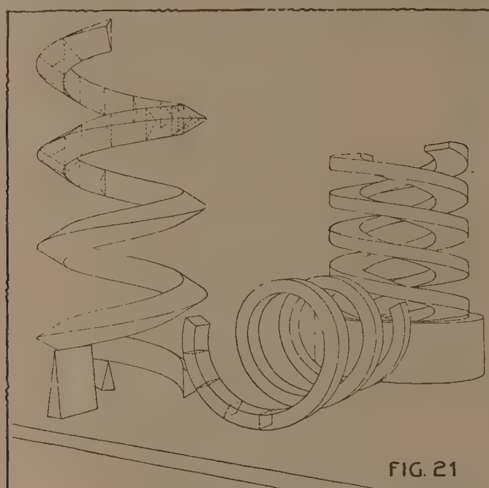
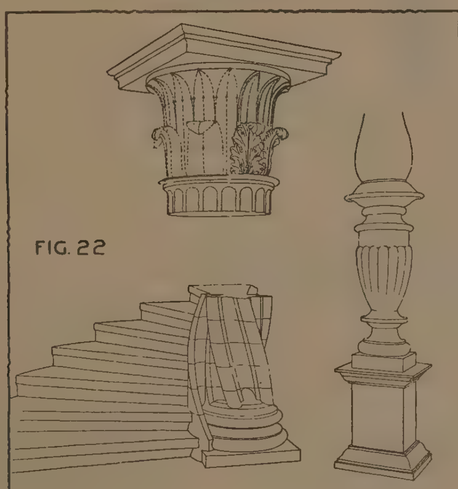


Fig. 21. — Estos elementos, limitados por superficies helicoidales y cilíndricas y que podrían representar filetes triangulares y rectangulares, o resortes, han sido ejecutados en su totalidad a mano levantada, pues el perspectógrafo no puede dibujar ni las hélices ni los contornos aparentes, por trazo continuo. Sin embargo, — y a pesar de esta limitación — los puntos que el aparato puede determinar son suficientes como para poder ejecutar en su totalidad el dibujo, con una relativa facilidad.

Están indicados con líneas de trazos, algunos triángulos y rectángulos cuyos vértices son puntos que permitieron dibujar las hélices.

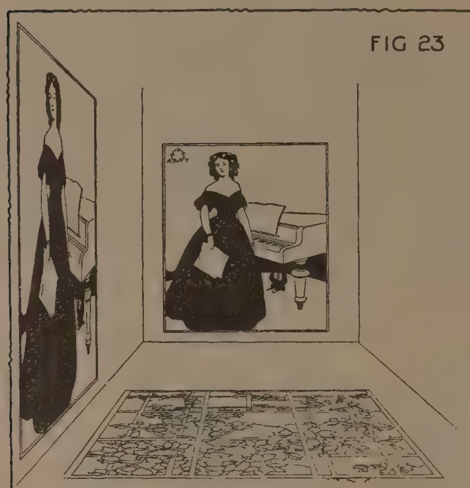
Fig. 22. — En estos dibujos que representan un capitel, un arranque de escalera y una columna, muchas son las líneas que han sido dibujadas por el perspectógrafo por trazo continuo, pues son todas las rectas y curvas contenidas en planos horizontales, y todas las rectas verticales.

El dibujo que corresponde a las hojas del capitel, está comprendido en la categoría de dibupo de ornato, y es bien sabido que para la ejecución de tales dibujos es menester valerse de líneas auxiliares que previamente se dibujan en base a la directa observación del modelo. En el presente ejemplo, tal modelo no existe pero el perspectógrafo suministra con toda facilidad una serie de puntos, que permiten el trazado de las líneas auxiliares que forman, por así decir, el esqueleto de base de las hojas de àcanto, mediante el cual se logra un resultado satisfactorio.



En el arranque de escalera, las nervaduras que corresponden al eje de la misma, han sido ejecutadas uniendo a mano levantada los puntos correspondientes de las secciones planas horizontales, que el perspectógrafo ha dado por trazo continuo.

Fig. 23. — La figura que se ve de frente, en este ejemplo, es la que ha servido para obtener con el perspectógrafo, la que simula estar en el muro lateral izquierdo. Tal figura ha sido totalmente ejecutada con el aparato y el resultado obtenido pone bien en evidencia que se trata de una figura realmente plana. Este resultado es bastante difícil de obtener cuando se dibuja a sentimiento, debido a la tendencia que siempre existe de dar cuerpo o relieve a las figuras.


FIG 23

El mosaico que aparece en el suelo es otro ejemplo que tiene idénticas características. La sensación de tratarse de una figura plana, es absoluta.

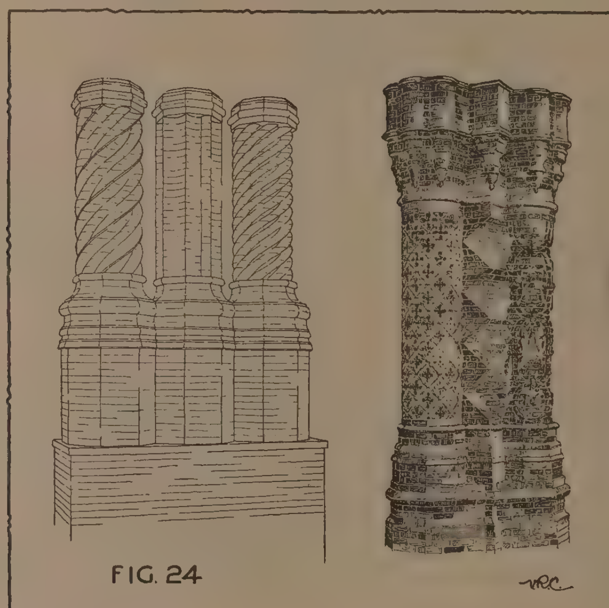

FIG. 24

Fig. 24. — Como último ejemplo, vemos unas chimeneas decorativas ejecutadas en base a una serie de secciones horizontales que se han hecho coincidir con las juntas continuas de los ladrillos. Tales secciones horizontles han proporcionado los elementos suficientes como para dibujar, no sólo la serie de hélices, sino también todos los demás detalles decorativos.

Sólo aquellas personas capaces de ejecutar una perspectiva pueden imaginar el sinnúmero de líneas auxiliares que hubiera sido necesario emplear para poder obtener el resultado que está a la vista.

El empleo del perspectrógrafo ha significado en cambio, una tarea monótona, si se quiere, pero de una admirable simplicidad. Claro es también, que la terminación de la perspectiva en base a las líneas dadas por el perspectógrafo, requiere de parte del dibujante una cierta habilidad, pero esta tarea, para quien tiene dicha habilidad es, sin lugar a dudas, la que proporciona mayor satisfacción.

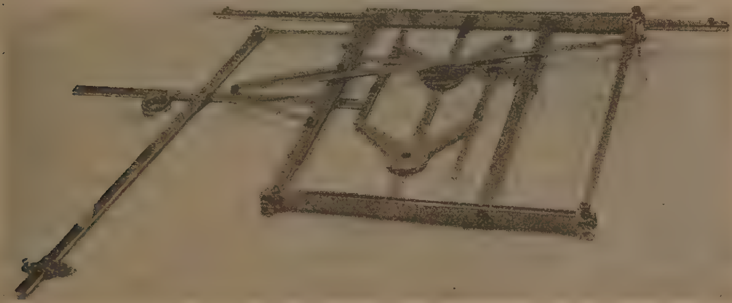


Fig. 25.

Fig. 25. — La fotografía muestra al perspectógrafo colocado sobre un tablero, en condiciones de funcionar. Dentro del trapecio que se ha dibujado en el papel, y que limita el sitio destinado a la « planta », puede verse la que corresponde a la cruz, cuya perspectiva también puede observarse.

Existe también la posibilidad de ejecutar perspectivas cuya « planta » puede suponerse situada fuera del trapecio. Para tal fin sólo se requiere reemplazar la « planta » externa, por otra situada en el interior del trapecio, variando previamente, como se comprende, la escala de la « planta », y las alturas que se refieren a la « elevación ». Tal recurso fué empleado en las figuras 19 y 20.

FIG. 26. — En la segunda fotografía puede verse al perspectógrafo instalado en su caja. La parte fundamental del instrumento es, como dijimos, el carro móvil que forma una unidad, la cual lleva una serie de piezas, que si bien pueden moverse o variarse de posición, están invariablemente unidas al carro y constituyen así un



FIG. 26.

solo conjunto. Forman el complemento de dicho carro, el riel, el punto de vista, una regla que materializa el rayo visual en « planta », otra regla de conexión, el visor, —una de las ingeniosas ideas del señor Edmundo Homps — y el lápiz. Hay además otra regla con su corredera para el lápiz, que sólo se emplea cuando se ejecutan perspectivas de tamaño reducido.

PRINCIPIOS METODOLOGICOS DE LA INVESTIGACION GEOFISICA

POR

OTTO SCHNEIDER

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 16 de Julio de 1946.

Dentro de la órbita relativamente limitada que corresponde a la ciencia geofísica en el concierto de las ramas del saber, estamos presenciando un proceso digno de señalar: se advierten dos tendencias antagónicas que como en una evolución dialéctica se enfrentan para terminar por desembocar ambas en una síntesis, en una orientación definitiva que sin duda ha de encontrar esta ciencia en un futuro próximo. De esas dos corrientes, la una tiende a una especialización y diversificación cada día más pronunciada, mientras que por el otro lado vemos las serias tentativas que en las últimas décadas se hicieron, con un éxito ciertamente alentador, de llegar a una visión de conjunto, o dicho con más claridad, de esbozar un panorama global de cuantos aspectos físicos presenta el planeta que habitamos. Sucede pues aquí, a un nivel más modesto, algo similar a lo que Erwin Schrödinger, refiriéndose a las ciencias contemporáneas en general, señaló en su reciente opúsculo sobre los fundamentos físicos de la vida orgánica; dice el eminente investigador. al exponer los motivos que lo indujeron a intentar esta empresa, lo siguiente: « Tanto se expandieron las ramas del saber, en profundidad como envargadura, durante esta última centuria, que ahora nos vemos frente a un extraño dilema; por una parte advertimos claramente que ha llegado el momento de unificar, en una gran síntesis, todò el saber humano, puesto que el material acumulado ha alcanzado un grado de seguridad que así lo justifica; pero no es menos cierto que un solo cerebro no puede ya pretender dominar más que una pequeñísima región de ese reino de la sabiduría ».

Nos proponemos tratar hoy, en esta breve disertación que no puede sino esbozar ideas generales, a la geofísica como ciencia global, es decir como la física del planeta por entero, compuesto de sus tres esferas, sólida, acuosa y gaseosa, cada una de ellas afectada por un sinnúmero de fenómenos dinámicos, térmicos, eléctricos, magnéticos, etc., endógenos muchos de ellos y exógenos algunos otros. Miraremos a la Tierra desde un punto de vista cósmico, y veremos que el investigador geofísico comparte en su labor algunas de las dificultades con que tropieza también el astrofísico, por lo inaccesible de buena parte del objeto de su curiosidad, pero le aventaja en muchos otros aspectos. Su posición frente a la física como ciencia madre es la de una sumisión absoluta: no puede haber en geofísica, leyes autónomas que no se reduzcan, en última instancia, a las de la física. Esto no excluye, por supuesto, que sea conveniente en muchos casos, crear conceptos auxiliares que simplifican el lenguaje y ayudan a descubrir relaciones causales que de otro modo quedarían ocultas en virtud de la extraordinaria complejidad de los fenómenos.

Hay dos clases de tales conceptos auxiliares de que necesitan las diferentes ramas de la geofísica: los primeros se definen por un proceso *deductivo* sobre la base de los conceptos físicos mismos, adaptados a la contextura particular en que se nos presentan los hechos; tal es el caso de las distintas temperaturas ficticias que se han introducido en meteorología. En efecto, si decimos por ejemplo que la *temperatura virtual* de una partícula de aire es aquella que debería tener una masa de aire seco de igual presión para que su densidad sea igual a la del aire húmedo en cuestión, sabemos que basta conocer las condiciones físicas del aire en su estado dado y aplicar las leyes empíricas de la física, en particular de la termodinámica, para obtener el valor numérico de la temperatura virtual, concepto de gran utilidad en el estudio de las condiciones atmosféricas. La otra clase de conceptos auxiliares podría clasificarse de *inductivos,* es decir basados en los aspectos empíricos de los mismos fenómenos; recurrimos a ellos con preferencia cuando el análisis detallado y la reducción completa a las leyes de la física no se ha logrado aún en forma perfecta. Un ejemplo de este tipo de conceptos auxiliares sería el de la *actividad geomagnética* expresada en forma de índices numéricos que describen el estado de perturbación del campo magnético terrestre. Estos índices, que tie-

nen validez mundial, han permitido reconocer con mayor claridad las dos clases de radiación solar (ondulatoria una componente y corpuscular la otra) que intervienen en la génesis de las perturbaciones que sufre el magnetismo terrestre.

La Tierra vista desde afuera. — Pero volvamos al punto de partida; dijimos que el investigador geofísico debe procurar formarse un cuadro global, planetario. Imaginemos por un momento como vería a nuestra Tierra un observador emplazado en la Luna; lo supondremos dotado de un equipo imaginario de instrumental ultrasensible, suficiente para registrar todos los acontecimientos físicos que afectan al planeta por entero o a grandes partes del mismo. Verá este observador privilegiado ante todo los rasgos sobresalientes de la *circulación atmosférica,* la distribución zonal de las nubes y de las precipitaciones: la zona ecuatorial cubierta de abundantes masas nubosas, luego más hacia el norte y hacia el sud, las zonas anticiclonales, caracterizadas por su escasa nubosidad, debido al régimen de divergencia en las corrientes de aire que allí impera; seguirán luego en ambos hemisferios las zonas de intensa actividad ciclónica, donde se desplazan en una sucesión casi ininterrumpida estos espectaculares remolinos atmosféricos que determinan el régimen meteorológico de buena parte de la superficie del planeta; encontrará estas zonas también cubiertas de nubes abundantes, aunque más pobres en precipitaciones que la zona ecuatorial.

Si dispusiera este geofísico extraterrestre de medios para determinarlo, vería precipitarse sobre la tierra, en cada segundo, la imponente cantidad de unos 10 millones de toneladas de *agua de lluvia*; observaría tormentas eléctricas dispersadas sobre el planeta en número tan grande, que en cada segundo nada menos que 50 descargas eléctricas iluminan el panorama; tratando de determinar la energía invertida en la circulación atmosférica, zonal y ciclonal, encontrará algo como 10^{14} kwh (100 millones de millones de kilowatio-horas).

Si nuestro observador lunar tiene paciencia hasta esperar que en el curso de medio mes su puesto de observación haya recorrido la mitad de su órbita lunar, tendrá entonces oportunidad de presenciar también los espectáculos que se desarrollan sobre el hemisferio nocturno de la Tierra. Vería, en forma casi perpetua, iluminarse las altas regiones de la atmósfera por el resplandor de las *auroras polares*, concentradas por la fuerza geomagnética en deter-

minadas latitudes subpolares, donde su frecuencia es tal que casi no pasa una noche en que no sea posible observarlas. En el curso de un año, por último, puede apreciar los cambios periódicos o sistemáticos que sufre la mayoría de esos procesos geofísicos, tanto los atmosféricos como los geoeléctricos, magnéticos, etc. Por ejemplo encontrará que entre un semestre y el siguiente se desplazan de un hemisferio al otro nada menos que 10^{13} toneladas de aire (10 millones de millones de toneladas) debido a los cambios estacionales de la presión y de la circulación que origina la diferente manera de incidir los rayos solares en invierno y en verano.

Demos ahora a este observador los medios imaginarios para verificar también, desde la distancia, y a través de la capa nubosa que le oculta la faz de la Tierra, los fenómenos de orden mecánico que tienen lugar en el mismo cuerpo sólido del planeta. Con invariable regularidad verá este espectador deformarse dos veces por día el esferoide terrestre en una diminuta oscilación armónica bajo la fuerza de gravitación que ejercen el Sol y la Luna; son éstas verdaderas *mareas*, en un todo análogas a las que conocemos de los océanos. Desde luego, la amplitud de las deformaciones que así sufre el cuerpo de la Tierra, es ínfima; su orden de magnitud no pasa de los decímetros. Con medios de observación aun más sensibles, observaría nuestro espectador, por último, unos movimientos ondulatorios extraordinariamente pequeños y de una frecuencia de oscilación que comparada con las de las mareas es elevadísima; son éstas las *ondas sísmicas* que en forma casi perpetua hacen estremecerse la Tierra, recorren su interior y se manifiestan también sobre la superficie. Los sismos son un fenómeno mucho más común de lo que generalmente se supone; su frecuencia queda puesta en evidencia con un escueto dato estadístico: si contamos solamente aquellos temblores cuya intensidad es suficiente como para ser sentidos por los habitantes de la región próxima al epicentro, y siempre considerando el planeta por entero, registramos más que una docena por día, o sea que en término medio basta esperar dos horas para observar unos de estos choques.

Podríamos continuar enumerando fenómenos geofísicos de la más diversa índole para completar el cuadro; basten estos pocos para dar una idea de lo animado, matizado, rico en detalles y variantes que es el panorama de nuestra Tierra, contemplada desde un punto de mira cósmico. Este puesto de observación extraterrestre facilita des-

de luego, la visión de conjunto que procurábamos obtener, y que un geofísico terrestre, empeñado generalmente en temas especiales de alcance más restringido, no logra reconstruir sino con cierto esfuerzo de la imaginación y del intelecto. Pero es evidente que aquellos imaginarios instrumentos ultrasensibles de que debería munirse ese investigador extraterrestre, le complicarían sobremanera su tarea. Estemos pues contentos de hallarnos más cerca del objeto de nuestra curiosidad, aunque ello nos obliga a veces a distanciarnos de él en la imaginación, para ver más claro.

De los *astros*, a excepción del Sol, no nos llegan otras señales que las ondas electromagnéticas que componen la luz (y cierta otra clase de radiación cuyo origen es difícil de localizar); ingeniosamente descifrados, constituyen estos mensajes luminosos la única fuente de información sobre la vida de las estrellas. En cambio, *nuestro propio planeta* nos ofrece un sinnúmero de otras manifestaciones descifrables: su campo gravitacional puede estudiarse en detalle, lo mismo que el campo magnético; su temperatura y la de las esferas acuosa y gaseosa que lo rodean, como también la distribución y los gradientes de estas temperaturas; los movimientos internos que tienen lugar en las envolturas, el estado eléctrico, las innumerables fluctuaciones, ya periódicas, ya irregulares, de todos estos elementos, las deformaciones elásticas que sufre el cuerpo de la Tierra, las ondas elásticas que lo atraviesan, todo ello nos permite inferir en forma directa o indirecta, la constitución y leyes fundamentales de las tres esferas que componen la Tierra.

LAS REGIONES ACCESIBLES Y LAS INACCESIBLES. — Sin embargo no nos son igualmente accesibles las tres esferas en toda su extensión. En la *esfera sólida*, o sea el propio cuerpo del planeta de cuyo centro nos separan más de 6000 kilómetros, conocemos por inspección directa sólo los tres o cuatro kilómetros superficiales de la corteza, puesto que hasta hoy no ha sido posible perforar pozos de mayor profundidad. Los grandes procesos geológicos, es cierto, hacen surgir a la superficie, con el correr del tiempo, rocas de proveniencia mucho más profunda, pero éstas ya no se nos presentan en su estado original, en lo que a temperatura, presión y estructura interna se refiere. *La esfera acuosa, u oceánica*, por su extensión vertical limitada, es la que más posibilidades ofrece de ser explorada en su totalidad. No hay abismo pelágico a donde no sea posible penetrar con el escandallo, o recoger muestras de agua, determinar la salinidad y

la temperatura, y con ellas la densidad; sobre la base de todo esto, llegamos a comprender también la circulación oceánica, que dicho sea de paso ofrece interesantísimas analogías con la circulación atmosférica. No hay en esto ningún problema de orden metodológico, a excepción, desde luego, de la escasez de datos. La *atmósfera* por último, nos resulta particularmente accesible, pues es ella la esfera en que vivimos; como es, al mismo tiempo, la que más directamente afecta todas las actividades humanas, es comprensible que en ella se concentren con preferencia los esfuerzos de la exploración científica. Sin embargo, no debe olvidarse que esta envoltura gaseosa se extiende hasta más allá de los 1000 km de altura, de los cuales sólo los 22 km inferiores han sido explorados en forma directa por observadores humanos, ya que ningún globo aerostático alcanzó hasta hoy, mayores alturas, mientras que con instrumentos se ha podido llegar un poco más allá de los 35 km.

Observaciones directas e indirectas. — Por todas estas razones, la investigación geofísica no puede en muchos casos, prescindir de la observación indirecta, que es el método exclusivo de la astrofísica. Se comprende sin dificultad lo que debe entenderse por *observación directa*: es el caso de la exploración de la atmósfera inferior, o más propiamente, de la troposfera, comprendida entre el suelo y aquella superficie divisora, donde la temperatura deja de disminuir en función de la altura. Esta capa nos es perfectamente accesible; el meteorólogo determina su estado físico en sus más diversos aspectos, y con toda la precisión que se desea, tanto a la superficie terrestre como en un punto cualquiera del espacio; traza un cuadro tridimensional de su temperatura, presión, contenido de humedad, movimientos horizontales y verticales, etc. Pisamos terreno firme cuando deducimos, o mejor dicho, inducimos las leyes que rigen la vida de la troposfera. A semejanza de la propia investigación física, partimos de la observación, del dato empírico, y una vez enunciada una proposición teórica, volvemos a la observación para ver si se verifica lo que estipula la teoría.

Pero no sucede así en el caso de las capas atmosféricas más altas. No podemos hoy por hoy, ascender a la altura de 100 km ó 200 km, como sería necesario hacerlo para asegurarnos de que el aire de esas capas se halla realmente en el estado de *ionización* que suponemos. Y sin embargo, existen múltiples indicios, mutuamente independientes, que respaldan esa hipótesis. Más aún, nos atrevemos

a aseverar que no solamente está ionizado este aire, es decir que ha adquirido la propiedad de ser buen conductor de las corrientes eléctricas, sino que hay varias de estas capas ionizadas; indicamos con cierta aproximación su altura, su grado de ionización (o sea la

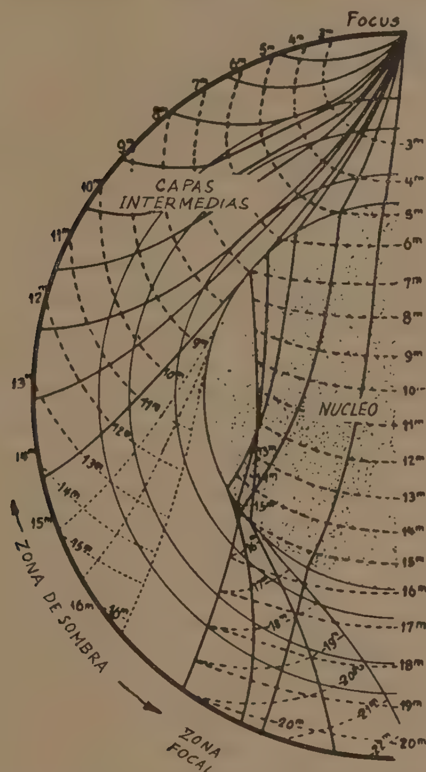


FIG. 1. — Acción del núcleo de la Tierra sobre cierta clase de ondas sísmicas (ondas de condensación). Las líneas llenas representan las trayectorias, las punteadas los frentes de las ondas. Sobre estos últimos se indica, en minutos, el tiempo que tardan las ondas para llegar a los diferentes puntos del interior o de la superficie terrestre. Ejemplo de como pueden inferirse por medios indirectos algunas de las condiciones imperantes en las regiones inaccesibles del planeta (según Gutenberg, 1926).

cantidad de iones por centímetro cúbico), las variaciones que experimentan estos valores numéricos en el curso de un día, de un año, de un ciclo solar de once años, etc. Es más, ya antes de fines del siglo pasado se infirió la existencia de una ionosfera —sin denominarla así al principio—, en una época cuando ni siquiera la estratósfera había sido descubierta por observación directa, porque

un ingenioso análisis de las variaciones diurnas del geomagnetismo, observadas a la superficie terrestre, obligaba a suponer la existencia de corrientes eléctricas en las altas capas atmosféricas.

De un modo similar, el sismógrafo nos revela importantes rasgos de la *estructura interna* de la Tierra, permitiendo afirmar entre muchas otras cosas, que aproximadamente a mitad del camino entre la superficie y el centro se encuentra una superficie o zona de discontinuidad que separa dos ambientes de propiedades elásticas netamente diferentes (Fig. 1); es allí donde empieza el núcleo de la Tierra, reacio a la transmisión de las ondas elásticas que emanan de los focos sísmicos.

El espectrógrafo a su vez, con que analizamos la fascinadora luz que emiten las *auroras polares,* nos informa acerca de la composición de las más altas capas atmosféricas, distantes del suelo hasta 1000 kilómetros o más, e incluso nos permite conjeturar acerca de la temperatura a que se hallan el oxígeno y el nitrógeno, que sabemos constituyen también a esta altura un considerable contingente del aire atmosférico, extraordinariamente rarificado, por supuesto.

Hasta los datos *geotérmicos,* por limitado que sea el alcance de tales medidas, nos permiten extrapolar cautelosamente la temperatura que cabe suponer a profundidades de 50 kms o un poco más; estos niveles nos interesan en particular, porque es allí donde suponemos empieza el flujo plástico del material, debido a su elevada temperatura. La extrapolación, claro está, debe siempre efectuarse con sumo cuidado, pues a la par de aumentar la temperatura hacia el interior de la tierra, lo hace también la presión, y esto en forma tan acentuada, que las condiciones extremas allí imperantes pronto llegan a exceder de los valores de presión que están al alcance de los ensayos de laboratorio. Por lo tanto, no es tan fácil predecir con seguridad, cual será el comportamiento de los materiales, por ejemplo frente a las ondas elásticas que emiten los focos sísmicos.

La experimentación en Geofísica. — Esta dificultad que acabamos de señalar es sintomática. La Geofísica es una ciencia que no puede, salvo ciertas limitadas excepciones, realizar experiencias. Hacer observaciones no es lo mismo que efectuar ensayos físicos. Los fenómenos del mundo real que nos rodea, son siempre complejos; las influencias que concurren a un determinado suceso, se cruzan y se entrelazan, y para disolver este nudo górdico, el *físico* procede resueltamente a deshacer la contextura natural de los fenómenos,

contemplando siempre un solo factor a la vez, o a lo sumo, un número finito de factores; y más aún, somete estos factores a variaciones a propósito, eliminando a la vez los factores restantes o manteniéndolos constantes. He aquí las características primordiales del ensayo físico.

Se comprende inmediatamente, porqué el investigador *geofísico* no puede proceder de la misma manera: se lo impiden las dimensiones del objeto, la magnitud de las fuerzas que están en juego, y los estados extremos en que se halla la materia, como es el caso de las condiciones internas de la tierra, a que aludíamos. En ensayos de laboratorio, se han investigado las propiedades elásticas de ciertas rocas, en función de la presión, la que se hizo aumentar hasta más de 10 000 atmósferas. Indudablemente, son de gran interés los coeficientes elásticos así obtenidos, pues ayudan a interpretar con mayor acierto las trayectorias de las ondas sísmicas en determinadas capas de la corteza terrestre y en las capas intermedias que le siguen. Pero por desgracia, la presión de 12 000 atmósferas, que fué la mayor alcanzada en tales ensayos, significa bien poco para el geofísico, puesto que bastaría descender hasta una profundidad de solo ½ % del radio terrestre para registrar dicho valor de la presión.

Ensayos con modelos. — Algo más alentadoras son ciertas otras experiencias de laboratorio en que se elude el problema de la escala de magnitud, recurriendo al uso de *pequeños modelos*. El primero en realizar un ensayo de laboratorio de esta índole fué el gran William Gilbert, médico de la reina Isabel de Inglaterra; este genial investigador demostró con la ayuda de una pequeña esfera imantada, que él llamó una « terrella », que sobre ella la inclinación del campo magnético varía en función de la latitud de una manera muy similar a la que observamos sobre la Tierra. Reproducimos aquí (Fig. 2) el esbozo con que el propio Gilbert ilustró la descripción de su histórico ensayo, demostrando con él que en ciertos aspectos nuestro planeta se comporta como un gran imán.

300 años más tarde realiza el investigador noruego Birkeland sus célebres ensayos con otra terrella imantada, colocada en un recipiente con aire rarificado y expuesta al impacto de rayos catódicos, logrando comprobar que los fenómenos luminosos vinculados con esta radiación se distribuyen sobre la superficie del pequeño planeta modelo en la misma forma como lo hacen sobre la Tierra

las auroras polares, es decir concentradas en dos zonas subpolares, a la latitud de 70° N y S, respectivamente. Brüche, en Alemania, repitió más tarde los ensayos de Birkeland con una pequeña variante, procurando demostrar la influencia de un campo magnético

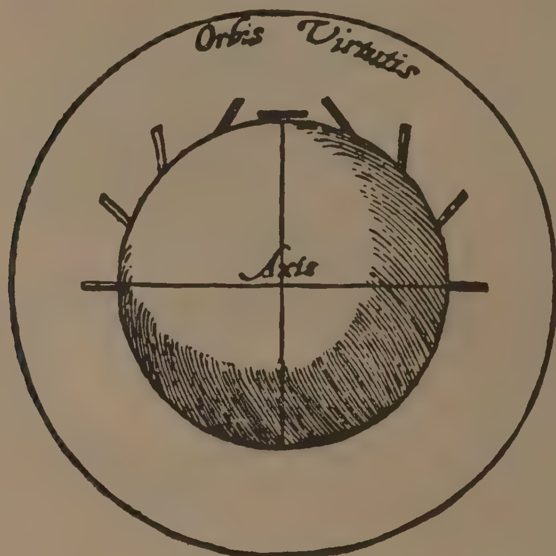


FIG. 2. — El primer ensayo geofísico realizado con un modelo. « Terrella » imantada, cuyo campo magnético se estudió con pequeñas barras de hierro, para demostrar la variación de la inclinación con la latitud. El eje terrestre está representado en posición horizontal. Croquis reproducido de la obra « De Magnete », de William Gilbert (publicada en 1600).

adicional que pertenece a una hipotética corriente circular extraterrestre, que según indicios geomagnéticos suponemos rodea la Tierra en el plano de su ecuador. He aquí las fotografías que obtuvo Brüche de estas hermosas experiencias (Fig. 3).

Es digna de destacar, de un punto de vista metodológico, la diferencia fundamental que existe entre esta clase de ensayos, esencialmente similares a los experimentos de física, y ciertos otros que deben limitarse a observar los procesos reales tal como suceden en la naturaleza, por no poder modificar las fuerzas y condiciones externas que intervienen. Veamos un ejemplo típico de tales observaciones pasivas, planeadas en este caso para averiguar el comportamiento de la tierra sólida frente a las *fuerzas mareógenas* del Sol y la Luna. Se quería saber, si la Tierra se mantiene indefor-

mable, como lo haría un cuerpo perfectamente rígido, o bien obedece a las fuerzas perturbadoras a la manera de un cuerpo plástico. La teoría de las mareas permite calcular la altura del abultamiento que se produciría si la Tierra fuese un fluído que debido a su falta de rigidez cedería en forma ideal a la atracción ejercida por las fuerzas gravitacionales del Sol y la Luna. Esta altura no es tan considerable como suele creerse, puesto que las mareas oceánicas que observamos en muchos puntos de la costa del mar, no representan

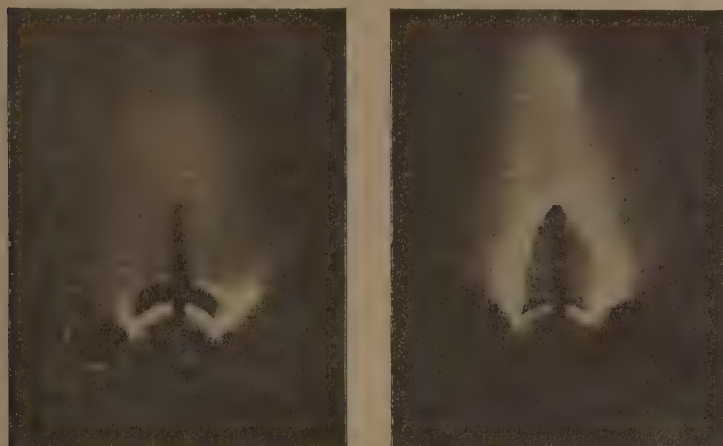


FIG. 3. — Ensayos de Brüche con una « terrella » imantada ilustrando la concentración de las auroras polares en las zonas subpolares. El eje de la terrella se halla en posición horizontal, la sombra vertical señala el plano del ecuador. La fotografía a la derecha demuestra el efecto que una corriente ecuatorial extraterrestre produce sobre la distribución de las auroras.

las condiciones geofísicas puras, ya que están afectadas por la configuración orográfica, por la escasa profundidad del mar en las costas, y por efectos de resonancia. La marea libre en cambio, que es la que observaríamos sobre una tierra cubierta uniformemente por un océano hondo, no pasaría de medio metro, poco más o menos, y esta es también la deformación que sufriría el cuerpo sólido del planeta, si se comportara como un fluido, en lo que a plasticidad se refiere. Pero, ¿cómo verificarla? Veamos el ingenioso procedimiento que usaron Michelson y Gale para aclarar esta cuestión. Enterraron unos caños horizontales de 150 metros de longitud, con los dos extremos abiertos y acodados hacia arriba. Estos caños, parcialmente llenados de agua, representan un océano artificial; en

él no puede haber complicaciones por resonancia, ni por el embalsamiento de las aguas sobre las costas, etc. Debería esta agua responder perfectamente a los desplazamientos que estipula la teoría de las mareas para un océano abierto, acusando entre los dos extremos del caño una pequeña diferencia de niveles de acuerdo con la inclinación de la superficie oceánica que corresponde a esa marea libre. Pero ¿qué sucedería, si el material sólido de que están rodeados estos caños, se comportara a su vez como un perfecto fluido? Evidentemente, éste sufriría idénticas deformaciones, y por tanto, el desplazamiento *relativo* entre los niveles de agua y la superficie terrestre sería nulo. El desnivel de la misma magnitud que estipula la marea teórica, podría observarse sólo si el cuerpo sólido de la Tierra fuese perfectamente rígido.

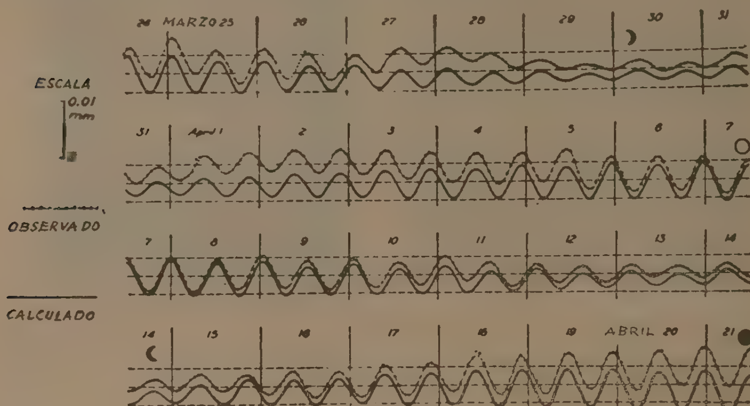


FIG. 4. — Ensayos de Michelson y Gale acerca de las mareas elásticas en el cuerpo de la Tierra.

Lo que se registró en la realidad, fué un estado intermedio entre la rigidez perfecta y la plasticidad perfecta; resultó que la tierra sólida cede a las fuerzas generadoras de las mareas hasta unos $^{7}/_{10}$ de su valor teórico, és decir que la tierra no es un cuerpo absolutamente rígido. Veamos el registro que durante un mes obtuvieron los dos investigadores (Fig. 4); puede apreciarse la buena coincidencia entre los valores de las oscilaciones calculadas y las observadas, tanto más sorprendente si se toma en cuenta la pequeñez de los cambios de nivel de que se trataba, que siendo del orden de los micrones, no pudieron ser verificados sino con métodos de gabinete. (Véase la escala a la izquierda del gráfico).

Tampoco merecen el calificativo de verdaderos ensayos físicos, en el sentido estricto de la palabra, aquellas observaciones, muy interesantes y útiles por cierto, que tienden a explorar la *ionosfera* con la ayuda de señales radio-eléctricas, a pesar de que podría argüirse que aquí el investigador no se limita a registrar lo que la naturaleza le brinda espontáneamente, sino que él mismo interviene en forma activa; sin embargo las ondas emitidas por tales estaciones de exploración ionosférica y luego captadas en la forma de un eco que devuelven las altas capas ionizadas, no modifican sustancialmente las condiciones naturales, que es lo que se requeriría para poder hablar de experiencias físicas propiamente dichas; por esta razón, tales sondeos ionosféricos pertenecen también a la categoría de observaciones pasivas.

Así, pues, el investigador geofísico, incapacitado para intervenir en la gran maquinaria que es el conjunto de las tres esferas constituyentes del planeta, debe buscar otros medios de exploración. La situación en que él se halla, se asemeja a la del investigador en ciencias sociales, quien también se ve obligado a guardar frente a los fenómenos, una actitud más o menos pasiva. Contrastan así estas ciencias, condenadas a aceptar los hechos consumados tal como los presenta la realidad, con las ciencias experimentales.

Sin embargo, hay ciertas oportunidades en que la naturaleza misma nos facilita la tarea, creando condiciones excepcionales, como eclipses solares y lunares, erupciones de volcanes, caídas de meteoritos, etc., que hasta cierto punto equivalen a las condiciones de un ensayo realizado a propósito. Además conocemos un poderoso medio de investigación, que manejado con habilidad, contribuye a compensar gran parte de la desventaja en que se encuentran estas ciencias menos privilegiadas. Este instrumento es el *análisis estadístico*; la misma palabra « estadística », que se deriva de estadista, ilustra la ya mencionada analogía entre las ciencias sociales y la geofísica, en lo que a sus métodos de investigación atañe.

Los experimentos que realiza la naturaleza. — La idea básica del procedimiento estadístico en geofísica es ésta: Ya que nosotros no podemos hacer variar a voluntad los factores que determinan un fenómeno, prestemos la mayor atención a las variaciones naturales que sufren estos factores causantes; imaginemos que tales variaciones y las fluctuaciones que ellas traen aparejadas en otros fenómenos, son por así decirlo, experiencias espontáneas que realiza

la naturaleza misma. Un simple ejemplo aclarará esta parábola: Queremos comprender el mecanismo de las *mareas atmosféricas*; nos interesa saber, entre otras cosas, hasta qué punto influyen sobre la amplitud de las ondas diurna y semidiurna de la presión atmosférica los factores gravitacionales, térmicas, efectos de resonancia, etc. La magnitud del fenómeno en cuestión es ínfima, y además de ello, estas oscilaciones quedan casi siempre « ahogadas » bajo un oleaje atmosférico, aperiódico y mucho más intenso, originado por los procesos troposféricos comunes, ante todo la actividad ciclónica. Las fuerzas generadoras de las mareas están fuera de nuestro alcance, pero felizmente, la naturaleza misma las hace variar; en efecto, la distancia del Sol no es siempre la misma, e igualmente varía la de la Luna; además, ambos recorren periódicamente distintos valores de la declinación, o sea, la distancia angular con respecto al ecuador celeste. También fluctúa el efecto térmico que puede ejercer la radiación solar sobre la parte de las capas atmosféricas inferiores, conforme varía la nubosidad. Si agrupamos entonces, de entre el material de observaciones acumuladas en largas series, todos aquellos casos, en que la condición A (por ejemplo la distancia al Sol) es constante, luego subdividimos este grupo de datos según diferentes valores de la condición B, (por ejemplo la nubosidad), y así sucesivamente, podremos por último comparar las *mareas medias* que resulten en cada uno de estos grupos; ésta ya es en principio, una operación estadística elemental, cuyo efecto es esencialmente el mismo que el que se habría obtenido, si hubiéramos podido hacer variar a voluntad los factores externos.

En este sencillo análisis que se acaba de esbozar, las variaciones irregulares que provienen de la actividad ciclónica, deben considerarse como perturbaciones indeseables; pero si estos factores perturbadores no están vinculados en forma sistemática con los factores externos que adaptamos como criterio de subdivisión, cabe esperar que en cada uno de los grupos A, B, etc., intervengan indistintamente casos de alta o de reducida actividad ciclónica o casos intermedios, de modo que, juntando un número suficiente de datos, los efectos de todos los factores perturbadores se eliminarán en término medio. El principio estadístico, en que basamos tal suposición, es el de la propagación de errores, el cual nos dice que los errores *irregulares*, o sea en el presente caso las fluctuaciones indeseables, afectan a un promedio en proporción inversa a la raiz cuadrada del

número de casos. Vale decir, que con un número suficientemente elevado de observaciones, será posible reducir la inseguridad del resultado final todo lo que deseemos. No sucede lo mismo con aquellas componentes de la variabilidad que corresponden a los efectos *sistemáticos* que nos servían de criterio de subdivisión, de manera que si analizamos series largas, se manifestarán en los promedios solamente las influencias que queríamos aislar.

Para estudiar las vinculaciones entre las variables geofísicas (o entre ellas y las variables cósmicas) se recurre a procedimientos más elaborados, en particular al *cálculo de correlación* simple y múltiple, poderosísimo medio de investigación que sería largo exponer en detalle. Son operaciones estadísticas que permiten apreciar en forma numérica el grado de conexión que existe entre dos o más variables, y formular relaciones funcionales entre ellas.

Por otra parte, abundan en la naturaleza los procesos oscilatorios. En la física del planeta, en particular, contribuye a esta circunstancia el hecho de que muchas de las influencias cósmicas son de carácter periódico. Por esto, la búsqueda de periodicidades representa también un tema predilecto de los investigadores geofísicos. Son innumerables los métodos que se han creado a tal fin, especialmente el del *análisis armónico,* al cual el geofísico inglés Sir Arthur Schuster dió una sólida base probabilística, con su genial idea del periodograma.

Debemos abstenernos de entrar en los detalles de este interesante capítulo; señalaremos sólo un rasgo característico de casi todas las series temporales en geofísica. Por razones de continuidad, los fenómenos aun cuando aparentemente fortuitos, suelen apartarse, en su manera de fluctuar, de las simples reglas que rigen los juegos de azar. Se asemeja esta anomalía a la que en la teoría de las probabilidades se llama el contagio, y consiste en que las condiciones de un momento n tienden a influenciar las que se observan en el momento $n+1$, haciendo que los valores consecutivos sean similares, a diferencia de los verdaderos juegos de azar, donde como sabemos, el resultado de cada momento es independiente del anterior. Este encadenamiento peculiar puede demostrarse con la manera de sucederse los días de lluvia. En la Ciudad de Buenos Aires, sabemos que aproximadamente la quinta parte de todos los días son días de lluvia, ya que en un año, se registran algo más de 70. De ser la lluvia un acontecimiento puramente aleatorio, habría todos los días una pro-

babilidad de un 20 % de que llueva, cualquiera que haya sido el estado del tiempo en el día anterior. En una palabra, los días de lluvia aparecerían dispuestos del mismo modo como lo harían, si fuesen el resultado del sorteo de una lotería, jugada cada medianoche con la convención de que llueva si el número extraído termina en 0 o en 5. Entonces sucedería a veces, por supuesto, que a un día lluvioso le siga otro día de lluvia, e incluso puede darse el caso de sucesiones de tres o más días, aunque con una probabilidad cada vez más reducida. La gran mayoría de los días de lluvia se presentarían en forma aislada, es decir, precedidos y seguidos de días sin lluvia.

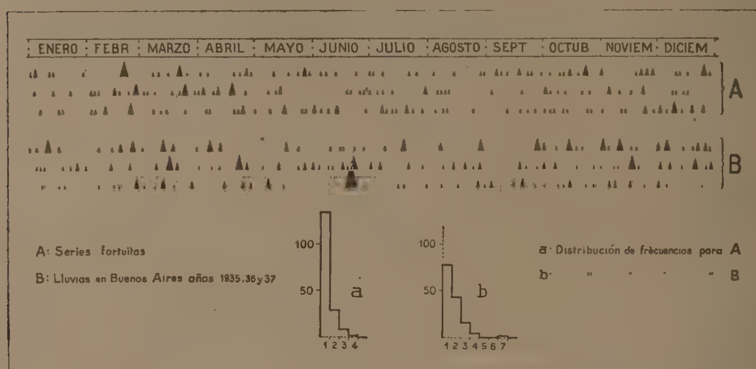


FIG. 5. — Ejemplo del « contagio » estadístico manifiesto en la mayoría de las series geofísicas. Los triángulos pequeños simbolizan los días de lluvia cuando se presentan aislados; los triángulos de doble tamaño representan grupos de dos días consecutivos de lluvia; los más grandes, grupos de tres días, etc. Las tres hileras superiores contienen la distribución de los días de lluvias como se presentarían, si las sucesiones de los mismos obedecieran al azar; prevalecen entonces los días aislados (símbolos pequeños). Las tres hileras inferiores contienen la verdadera distribución de los días de lluvias en la ciudad de Buenos Aires, durante los años 1935, 36 y 37; predominan aquí los símbolos más grandes. En la parte inferior de la figura están indicadas las distribuciones de frecuencia para uno y otro caso.

Veamos ahora cómo se comportan las lluvias en realidad. Basta analizar un período cualquiera de tres años, por ejemplo, los de 1935 a 1937, para darse cuenta de que existe contagio estadístico: en los 1096 días considerados, aparecen solamente 76 días aislados, en lugar de los 140 que estipula el azar; los grupos de dos días, por otra parte, son mucho más frecuentes de lo que cabe esperar según la teoría del azar, y lo mismo se verifica para los grupos de mayor duración. En el gráfico que proyectamos (Fig. 5), puede apreciarse esta notable diferencia de comportamiento entre una serie fortuita

artificial, obtenida por una lotería, y las lluvias en Buenos Aires durante los tres años que indicamos. Obsérvese la relativa abundancia de los triángulos pequeños, que simbolizan los días solitarios, en las tres hileras superiores, comparada con la prevalencia de los símbolos más grandes en las filas inferiores. En estas últimas hasta se registra un caso de una serie de 7 días consecutivos de lluvia, cosa extremadamente improbable en un juego de azar.

De una u otra manera sufren de esta enfermedad contagiosa la mayoría de las series geofísicas. Y si llamamos una enfermedad ese característico encadenamiento de los valores, es por una sencilla razón: es que tal comportamiento, denominado también la *cuasipersistencia,* dificulta la aplicación de los simples criterios que suelen usarse para decidir si una periodicidad, correlación, o cualquier otra tendencia sistemática que haya revelado el análisis estadístico, merece ser considerada como significativa. Despreciando el efecto de la cuasipersistencia, estamos siempre en peligro de juzgar con excesiva tolerancia la realidad de una presunta correlación, o de una periodicidad, etc. Un ejemplo servirá para ilustrar el curioso y peligroso afecto de la cuasipersistencia. Tomemos una serie de valores numéricos *fortuitos,* que no contengan ninguna periodicidad ni tendencia sistemática. Sometidos estos valores a un análisis armónico para todas las posibles longitudes de onda, nos darán un periodograma en que ninguna onda particular se destaca por una amplitud especialmente grande. Igualmente vana sería, por supuesto, cualquier tentativa de hallar una correlación entre tales valores y los de una serie geofísica, (por ejemplo las temperaturas medias diarias en esta ciudad). Pero introduciendo en esta serie una cuasipersistencia, sin alterar por ello el carácter esencialmente fortuito, se observa un extraño resultado: la serie toma el aspecto que podemos apreciar en este diagrama (Fig. 6). Se advierten en ella numerosas fluctuaciones aparentemente periódicas, superpuestas unas a las otras, y un nuevo análisis armónico de estos valores da efectivamente amplitudes apreciables para ciertas longitudes de onda.

Hay otra consecuencia sorprendente: la serie guarda ahora una correlación con cualquier otra sucesión de datos también afectados por cuasipersistencia. He aquí un sencillo ejemplo: tomemos los números de manchas solares para un período arbitrario, digamos los primeros 50 días del año 1920, y comparemos con ellos los primeros 50

valores de aquella serie. Como coeficiente de correlación simple obtenemos el valor de $+0{,}53$, que difícilmente cabría esperar para una verdadera serie fortuita, máxime si se considera su reducido error medio, que es de 0,10. Según el conocido criterio de Fisher,

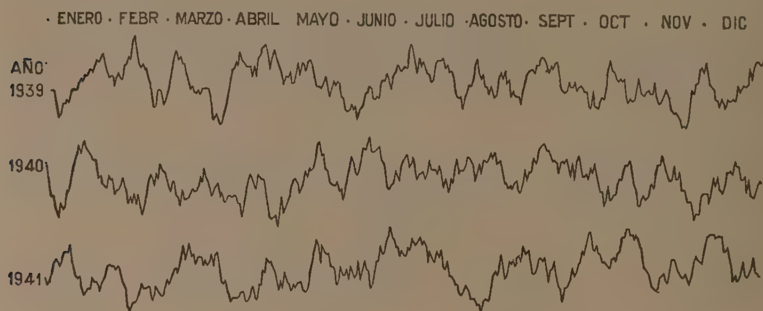


FIG. 6. — Serie artificial de valores fortuitos afectados por «cuasipersistencia», para estudios de periodicidades y correlaciones con series geofísicas.

el valor podría tomarse por significativo con una seguridad de 10.000 contra 5, y el mismo aspecto del gráfico de correlación que podemos apreciar en esta proyección (Fig. 7), sugiere que la correlación es real. En efecto, se aprecia a simple vista que a valores elevados del índice de manchas solares corresponden, en término medio, también valores grandes de nuestra serie artificial.

Es obvio que este resultado como también el de las periodicidades antes mencionadas, no puede explicarse sino por algún error de concepto. La falla no reside, sin embargo, en el método de correlación en sí, ni en el criterio de Fisher para apreciar el grado de seguridad, sino en el hecho de no haber tomado en cuenta la cuasipersistencia de los valores. Precisamente en este error caen muchas investigaciones sobre periodicidades y correlaciones, cuyos resultados suelen tomarse con excesiva confianza, pero no resisten aun examen más severo.

Los modernos métodos para apreciar numéricamente el grado de cuasipersistencia de una serie y eliminar su efecto pernicioso, desarrollados en esta última década por el geofísico alemán Bartels, representan tal vez el progreso más importante en la investigación de la «morfología» de las series geofísicas, puesto que permiten

devolver al análisis estadístico el puesto que le corresponde, como un riguroso y sobrio medio de investigación.

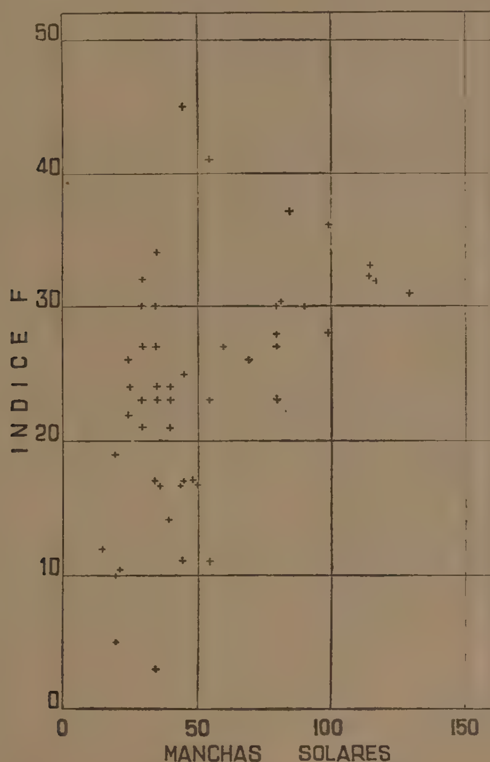


Fig. 7. — Correlación espuria entre el número de manchas solares (primeros 50 días del año 1920) y un índice ficticio (F), obtenido de una serie fortuita afectada por cuasi-persistencia (primeros 50 valores de la serie representada en la figura anterior). Coeficiente de correlación = + 0,53.

Los propósitos que persigue la investigación geofísica. — Antes de terminar, tratemos de aclarar, con una breve reseña hasta qué punto la geofísica ha logrado concretamente lo que debe exigirse de una ciencia exacta, y luego echemos una mirada sobre sus futuras posibilidades. Uno de los grandes hombres de ciencia de nuestro siglo, Sigmund Freud, al plantearse cierta vez a sí mismo la pregunta de cuál era el propósito que perseguía en su labor de investigación, contestó así: « Aspiramos a lo que procura realizar también toda otra ciencia: comprender mejor los fenómenos, esta-

blecer entre ellos mutuas relaciones, y si fuera posible, aumentar nuestro dominio sobre los mismos».

Comprender un fenómeno, es reducirlo a conceptos ya conocidos. En geofísica, esto quiere decir: reducir a conceptos físicos. Pero ¿qué es dominar? El dominio humano sobre la naturaleza está supeditado a la posibilidad de formular pronósticos. Desde un punto de vista filosófico, consideramos requisito indispensable que una ley física, para merecer el nombre de tal, tenga esa virtud de permitir *predecir* los fenómenos. A este fondo común se remontan tanto las ciencias puras como las aplicadas. Pero de entre estas últimas, la mayoría comparten con la física la ventaja de tener que ver con objetos accesibles a la interferencia del hombre, cosa que como vimos no sucede con las fuerzas cósmicas que afectan los fenómenos atmosféricos, telúricos y oceánicos. Sin embargo, aunque el hombre no logre, tal vez por mucho tiempo, imponer su voluntad a estos procesos, puede *sí* independizarse de ellos por lo menos en forma indirecta, aprendiendo a prever los sucesos. La evolución científica, a este respecto, está todavía en una fase inicial. Es de todos sabido que las diferentes ramas de la geofísica no logran con igual acierto formular pronósticos de utilidad práctica. Los procesos puramente periódicos, por un lado, son los más accesibles a tales tentativas; pertenecen a esta categoría las *mareas oceánicas*, cuya predicción es posible con una aproximación satisfactoria, aunque los cálculos, que consisten en una combinación de análisis y síntesis armónico, resultan generalmente tan laboriosos que se prefiere en algunos institutos hidrográficos confiar esta tarea a ciertas máquinas de calcular especiales. Una posición intermedia, en lo que se refiere al grado de perfección alcanzada, ocupa el *pronóstico meteorológico*; aquí ya es tan intrincada la concurrencia de factores múltiples, que hoy por hoy no se considera oportuno intentar la previsión del tiempo con procedimientos meramente matemáticos; las tentativas que se han hecho al respecto, tienen por el momento un interés más bien académico, aunque no sería prudente vaticinar las futuras tendencias; creemos en efecto, que el desarrollo del instrumental meteorológico por un lado y de las modernas máquinas de calcular, por el otro lado, puede algún día revolucionar los métodos de pronóstico en meteorología. Otra rama de la geofísica en que se han iniciado, con cierto éxito, las tentativas de pronosticar las condiciones futuras, es la que se ocupa del estudio de la *ionosfera*, tan vital para la pro-

pagación de las ondas radioeléctricas. Hasta ahora, la ionosfera se ha mirado con preferencia en su faz eléctrica y magnética; tal vez llegará el día en que se ataque este problema también de un punto de vista meteorológico, y enseguida explicaremos las razones que a nuestro parecer autorizan a admitir esta posibilidad. Muy precarias, por último, son todavía las posibilidades de llegar a predecir con acierto los fenómenos sísmicos, a menos que se considere que merece el calificativo de pronóstico una simple predicción de los temblores que se presentan en series de choques sucesivos.

Y ahora una rápida mirada sobre las posibilidades futuras. No cabe duda que los progresos técnicos que ha de realizar la humanidad en los próximos decenios, repercutirán también en la evolución de las ciencias geofísicas, de lo cual se beneficiarán ante todo los métodos de predicción. En cuanto a una elaboración más rápida de los datos, ya hemos aludido a esas nuevas y poderosas máquinas calculadoras, capaces de realizar operaciones matemáticas que hasta hoy requerían el esfuerzo de muchos cerebros humanos por centenares o miles de horas. Si se les da a estas máquinas el material en forma suficientemente detallada, podrán suministrar la solución numérica de ciertos problemas de meteorología que hoy estamos obligados a extrapolar con procedimientos que son más bien de carácter cualitativo. Ahora bien, refinar el material primitivo que ha de suministrarse a tales cerebros electrónicos, no es tanto una cuestión de aumentar la *exactitud* de las actuales observaciones, sino su *densidad,* ante todo en la tercera dimensión. La técnica de los sondeos aerológicos, ya considerablemente perfeccionada, brinda el meteorólogo muchas posibilidades que no tenía un tercio de siglo atrás, cuando nació la moderna meteorología dinámica. El problema de acrecentar el caudal de observaciones es de carácter económico antes que técnico, y el progreso en este sentido dependrá de la posibilidad de construir instrumentos en cantidades muchas veces mayores que las actuales.

Sin embargo, cabe esperar también innovaciones radicales de orden técnico. Dando riendas sueltas a la imaginación, vemos al meteorólogo del futuro trabajar con agregados de instrumentos, capaces de registrar *elementos derivados,* o expresándolo de otra manera, aparatos que, a la par de medir simultáneamente varios elementos atmosféricos, nos deducirán en forma automática determinadas funciones de los mismos que hoy por hoy son obtenidas a

posteriori, con pérdida de tiempo y esfuerzo cerebral. En otras ramas de la geofísica, ante todo las que estudian la esfera sólida del planeta, es probable que la futura evolución, a diferencia de la meteorología, propenda a una mayor *sensibilización* de los instrumentos. Pero de todos modos, en una y otra esfera de actividades, le tocará un importantísimo papel al factor instrumental. El « homo technicus » del porvenir, ya dueño de la materia y de las fuerzas elementales, necesitará al mismo tiempo refinar sus instrumentos y aparatos, pues ellos han de ser los órganos sensorios y el sistema nervioso de toda futura organización tecnológica.

Por otra parte, las ingentes energías que el hombre logró desencadenar (y ojalá aprenda también a emplearlas dignamente), modificarán de una manera radical nuestros conceptos de lo accesible y de lo inaccesible. Ya se lanzan proyectiles hasta alturas muy superiores a los 100 kms, que hasta esta parte no podían ser alcanzadas sino por esos sensibles tentáculos que son los haces de ondas radioeléctricas; éstas a su vez, penetran hoy más allá de la atmósfera terrestre, estableciendo contacto con nuestros vecinos de los espacios planetarios. Asímismo, las grandes energías de que dispone ahora la humanidad, permitirán tal vez al investigador geofísico del futuro abandonar su puesto de simple espectador pasivo. Quizás llegue el día en que la ciencia geofísica se atreverá a realizar experiencias propiamente dichas. Huelga recordar a los hombres de ciencia las enormes responsabilidades que tales perspectivas involucran.

BIBLIOGRAFÍA

J. B. DE NARDO. *Metalurgia física y sus aplicaciones industriales.* — Un volumen de 518 páginas con 466 figuras, la mayor parte de ellas microfotografías y veinte tablas. Con índices de materias, alfabético y de figuras y una lista bibliográfica con más de 200 títulos.

El autor de esta interesante obra es Teniente de Navío e Ingeniero Aeronáutico (R.); actúa como Profesor de Metalurgia Física y Soldaduras en el Instituto Técnico Superior, y de Metalurgia en la Escuela Industrial de la Nación, habiendo sido también jefe del Laboratorio de Investigaciones y Ensayo de Materiales del Ministerio de Marina. Con estos antecedentes, a los que pueden agregarse sus numerosas publicaciones y conferencias, todas ellas relacionadas con la misma especialidad metalúrgica, se comprende fácilmente que haya podido acometer y llevar a muy feliz término, la presente compilación sistemática de cuanto progreso ha hecho la metalurgia y sus ciencias afines durante los últimos años.

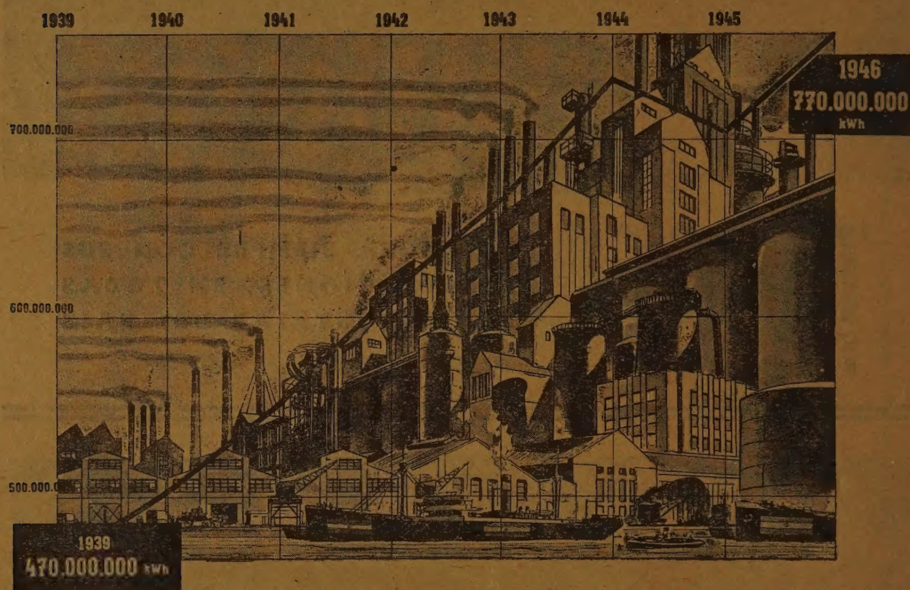
El plan de la obra está desarrollado en diez y seis capítulos; en los primeros se trata de la metalurgia física en general, ensayos macro y microscópicos y aleaciones especiales. Continúa después con la aplicación de los rayos X para los estudios de tensiones y fatigas, y con las relaciones entre las propiedades metálicas de los metales y su composición química. Termina con aplicaciones de la metalurgia física para el estudio de las fracturas metálicas; de las soldaduras; del desgaste y de los defectos de las superficies; de las características cristalográficas y de las averías producidas en las piezas durante el servicio.

Como fácilmente puede deducirse con esta enumeración de los temas tratados, el ingeniero De Nardo ha llevado a cabo una obra completa desde el punto de vista teórico y además muy útil en la práctica, pues tal como el autor lo advierte en el prólogo « la metalurgia física es de extraordinaria importancia « en la mayoría de las industrias, porque permite la selección adecuada de un « metal o una aleación ».

INDICE GENERAL

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO CIENTO CUATRAGÉSIMO SEGUNDO

La electricidad al servicio de la industria



El período transcurrido desde 1939, ha sido de extraordinario desarrollo para la Industria Argentina. A ello contribuyó eficazmente el suministro adecuado de energía eléctrica.

Durante los años de guerra, cuando era imposible conseguir otra fuerza motriz, los servicios de electricidad permitieron ampliar la actividad industrial y establecer nuevas fábricas y talleres, que movilizaron materias primas de nuestro suelo y crearon más trabajo y más productos nacionales para nuestra población.

Actualmente, intensificamos nuestros esfuerzos para que los servicios de electricidad sigan contribuyendo, en escala cada vez mayor, a la magnífica expansión de la industria nacional.



COMPAÑIA ARGENTINA DE ELECTRICIDAD S. A.

VISITE NUESTRO "STAND" EN EL PABELLON 9 DE LA EXPOSICION DE LA INDUSTRIA ARGENTINA